

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Power transformers –

Part 22-2: Power transformer and reactor fittings – Removable radiators

Transformateurs de puissance –

**Partie 22-2: Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines
d'inductance – Radiateurs détachables**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 22-2: Power transformer and reactor fittings – Removable radiators

Transformateurs de puissance –

**Partie 22-2: Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines
d'inductance – Radiateurs détachables**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-5669-5

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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 General requirements	7
4.1 General.....	7
4.2 External corrosion protection	7
4.3 Internal corrosion protection	7
4.4 Insulating liquid characteristics	7
5 General characteristics and requirements.....	7
5.1 Main components.....	7
5.2 Radiator types defined in this document.....	8
5.3 Materials.....	8
5.4 Dimensions and tolerances	8
5.5 Preparation for transport and storage.....	9
5.6 Identification of radiators.....	9
6 Tests	9
6.1 Routine tests.....	9
6.1.1 Tightness tests	9
6.1.2 Surfaces	10
6.2 Type tests.....	10
6.2.1 Cooling performance	10
6.2.2 Vacuum resistance type test.....	17
7 Dimensions and drawings.....	18
Annex A (normative) Alternative radiator designs – Dimensions and drawings	20
Bibliography.....	25
Figure 1 – Radiators' dissipation diagram	11
Figure 2 – Coefficient KN	12
Figure 3 – Coefficient KP	12
Figure 4 – Coefficient KDH	13
Figure 5 – Test layout	15
Figure 6 – Type FG.....	18
Figure 7 – Type FR.....	19
Figure A.1 – Type FA.....	20
Figure A.2 – Type FG-L	21
Figure A.3 – Type FG-R.....	22
Figure A.4 – Type FAR	23
Figure A.5 – Type FG1A (with flanges)	24
Table 1 – Radiator characteristics form.....	9

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –

**Part 22-2: Power transformer and reactor fittings –
Removable radiators**

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 60076-22-2 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

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

CDV	Report on voting
14/895/CDV	14/917A/RVC

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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

INTRODUCTION

Under the part title “Power transformer and reactor fittings” this part of IEC 60076-22 covers the removable radiators used in the cooling circuits of power transformers and reactors.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

POWER TRANSFORMERS –

Part 22-2: Power transformer and reactor fittings – Removable radiators

1 Scope

This part of IEC 60076 applies to radiators 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 service conditions and the mechanical and electrical requirements that are common to this equipment.

It also outlines the operation requirements specific to this equipment as well as the preferred dimensions relevant for interchangeability and the type and routine tests to be performed.

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

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

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

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

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

removable radiator

component through which the transformer insulating liquid circulates and is cooled

Note 1 to entry: The component is removable from the transformer for shipment and maintenance purposes.

Note 2 to entry: This component has natural cooling capacity.

Note 3 to entry: Radiator cooling systems can be equipped with fans and/or circulating pumps.

4 General requirements

4.1 General

The normal service conditions set out in IEC 60076-1 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; 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 External corrosion protection

The materials used for the construction of the equipment and the surface treatment shall be resistant to accidental contact with 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). 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. Unless otherwise specified, minimum withstand level shall be C4 medium durability according to ISO 12944-6.

Due to the specific painting process of radiators a common final colour would be a great contribution to reducing the environmental pollution. Unless differently specified by the purchaser, RAL 7031, 7032 or 7033 are the recommended final colours.

4.3 Internal corrosion protection

In consideration of the storage conditions and expected time between shipment and commissioning, the corrosion protection on the inner side of the radiator shall be agreed between purchaser and manufacturer. As a minimum requirement, precautions shall be taken to prevent the ingress of moisture and the development of internal corrosion. The internal flushing with insulation liquid fully miscible and compatible with the liquid to be used in service conditions and the use of blanking plates with gaskets are considered as a minimum. Internal painting, nitrogen filling, dehydrating material, etc., can be used as other or additional solutions.

4.4 Insulating liquid characteristics

If not otherwise specified, the insulating liquid shall be 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 Main components

The main radiator components are:

- header; collectors on the top and bottom of the radiator;
- connection flanges; flanges which connect the radiators to the transformer tank;

- cooling elements; elements of the radiator which dissipate the heat;
- lifting lugs; devices used to lift the radiator;
- securing plates; facilities to connect the radiators to one another for stiffening purposes;
- fan attachments; optional facilities for fan installation on the side and on the bottom.

The headers shall be made in such a way as to guarantee a complete filling and a complete draining. Oblique elements or reduced elements are acceptable.

The layout is given in Figure 6 and Figure 7, and in Figure A.1 to Figure A.5.

The radiators shall be provided with an air vent device on the top header and a draining device on the bottom header.

5.2 Radiator types defined in this document

The designations to identify the types of radiator are:

Common radiator types

FG radiators with square flanges and elements of equal length (see Figure 6)

FR radiators with square flanges with lowered upper header (see Figure 7)

Alternative design types

FA radiators with square flanges and elements of unequal length (see Figure A.1)

FG-L radiators with square flanges and elements of equal length with a number of bevelled elements on the left side (see Figure A.2)

FG-R radiators with square flanges and elements of equal length with a number of bevelled elements on the right side (see Figure A.3)

FAR radiators with square flanges with sloped down external elements, without or with lowered upper header (see Figure A.4)

FG1A radiators with or without square flanges without header, without or with out of centre connection (see Figure A.5)

5.3 Materials

The radiator elements shall be made of stamped steel sheets or steel pipes (round, oval or finned pipes) with a minimum thickness of 1,0 mm. For enhanced mechanical performance a thickness of 1,2 mm can be specified by the purchaser for the stamped steel sheets. Other materials and thicknesses may be used upon agreement between manufacturer and purchaser.

5.4 Dimensions and tolerances

To ensure interchangeability between radiators of different manufacturers, the tolerances given in Figure 6 to Figure A.5 are mandatory.

There shall be at least two lifting lugs, one at the top and one at the bottom of the radiator, which shall have a 30 mm minimum hole diameter.

The radiators shall not deflect from horizontal by more than 2 mm/m without oil. For this reason, the stiffening number and distances illustrated on Figure 6 to Figure A.5 are the minimum required. Additional stiffening may be agreed between purchaser and manufacturer depending on:

- transformer specific requirements (for instance reactors, noise requirements);
- seismic and environmental specific severe conditions.

The manufacturer shall provide a table indicating exactly the surface in m², the weight in kg and the capacity of oil per element in function of the height of the element itself. The table does not include the data associated with the radiator nozzles. Table 1 is an example of such a table.

Table 1 – Radiator characteristics form

ELEMENT HEIGHT (mm)	ELEMENT SURFACE (m ²)	ELEMENT WEIGHT (kg)	ELEMENT CAPACITY (dm ³)
800	XXXX	XXXX	XXXX
.....			
3 500	XXXX	XXXX	XXXX

5.5 Preparation for transport and storage

It is the responsibility of the manufacturer to prepare the radiator flanges for shipment in order to prevent particles or contaminants from entering the radiator during transport or storage, and precautions shall be taken to ensure that there is no deterioration caused by moisture.

Unless otherwise specified the storage configuration shall be designed to ensure a minimum storage period of six months in the environmental conditions defined in IEC 60076-1.

All measures shall be taken to avoid mechanical damage to the elements such as:

- rubber, or wooden material between the radiators to avoid scratches of the external treatment on the cooling elements;
- plastic belts to keep the radiators tight to the pallet and to each other;
- robust pallets to ensure protection under the radiators from the forklift handling.

For international shipment, a wooden cage is recommended, unless otherwise agreed with the buyer.

5.6 Identification of radiators

The radiators shall bear the name or the logo of the manufacturer, a lot identification number and the production site, in order to identify the radiators in the field.

6 Tests

6.1 Routine tests

6.1.1 Tightness tests

The radiator shall be submitted to one of the following tightness tests; the choice of the test shall be at the discretion of the radiator manufacturer:

- hydraulic test with transformer oil filled at 60 °C ± 5 °C and pressure of 200 kPa for 3 h;

- pneumatic test with compressed air under water at 200 kPa for a period of not less than 30 min;
- pneumatic test with compressed air under water at 500 kPa for a period of not less than 5 min.

For the above listed tests the acceptance criterion is that in the mentioned period no leakage shall be detected by visual inspection.

Different testing procedures may be agreed between purchaser and manufacturer.

6.1.2 Surfaces

6.1.2.1 Visual inspection

The radiators shall be visually inspected and there shall be no visible deformations, damages or bumps.

6.1.2.2 Inspection of the external paint

The total and partial thickness of the different coats shall be measured in accordance with the procedure described in ISO 12944-7.

Upon request from the customer, a control sheet shall be available to demonstrate the quality of the external paint application. Therefore, a control sheet should be prepared, where the manufacturer records all the relevant parameters of each lot of production. In particular, ambient temperature and humidity during application, type of pre-treatment of the surface (sandblasting, degreasing), lot and type of painting used, temperature and time of drying and final thicknesses measured after each coat shall be recorded; if required, result of the adhesion test should also be recorded.

6.1.2.3 Internal surfaces

All internal surfaces shall be cleaned so thoroughly that no subsequent cleaning by the purchaser will be required.

For the measurement of the cleanliness of the internal surfaces, the purchaser shall specify the acceptance criteria by means of particles count according to ISO 4406.

For radiators with unpainted internal surfaces, if no criteria are specified, then flushing using a maximum 20 µm filter to detect the presence of any particles or contaminations shall be carried out as a minimum requirement.

For radiators with painted internal surfaces, if no criteria are specified, visual inspection is the minimum requirement to ensure that no detached particles are present within the radiator and that the internal surface is dry and the paint has a good adhesion. The coating used shall be agreed between purchaser and manufacturer; it shall be compatible with transformer insulating and cooling fluid and shall not break down over time and compromise the integrity of the electrical equipment.

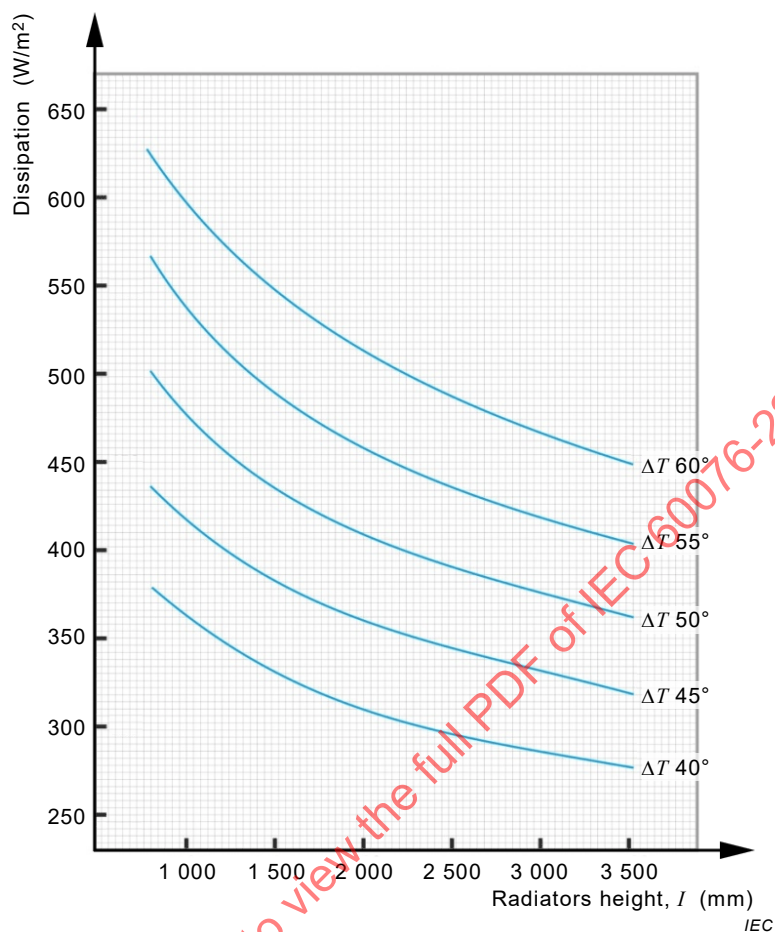
6.2 Type tests

6.2.1 Cooling performance

6.2.1.1 Overview

This procedure describes the method that shall be used to determine the cooling performances of the radiators in ONAN conditions; the purpose of the type test is to obtain the following results:

- a) The diagram showing the specific heat dissipation of the radiator (W/m^2) as a function of the radiator height (mm) and of the temperature rise of the average oil over the ambient air (K). Figure 1 shows a typical diagram.



NOTE ΔT is intended as average oil temperature rise $[\Delta T_{\text{avg,oil}}] = (0,5 \times ([T_{\text{i,oil}}] + [T_{\text{o,oil}}])) - [T_{\text{amb}}]$.

Figure 1 – Radiators' dissipation diagram

- b) The value of the corrective coefficient KN as a function of the number of elements of the radiator; this coefficient is used to correct the specific heat dissipation of a radiator depending on the number of elements of the radiators itself. Figure 2 shows a typical diagram.

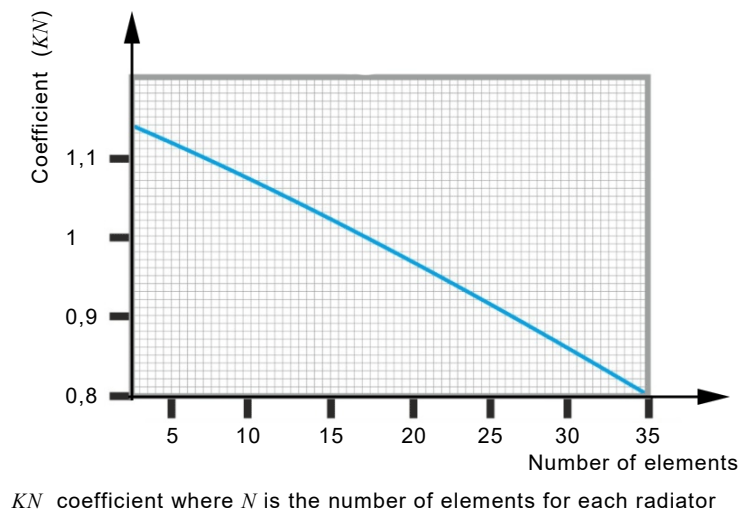


Figure 2 – Coefficient KN

- c) The value of the corrective coefficient KP as a function of the distance between the radiators (pitch). This coefficient is used to correct the specific heat dissipation of a radiator depending on the difference between centres of adjoining radiators. Figure 3 shows a typical diagram.

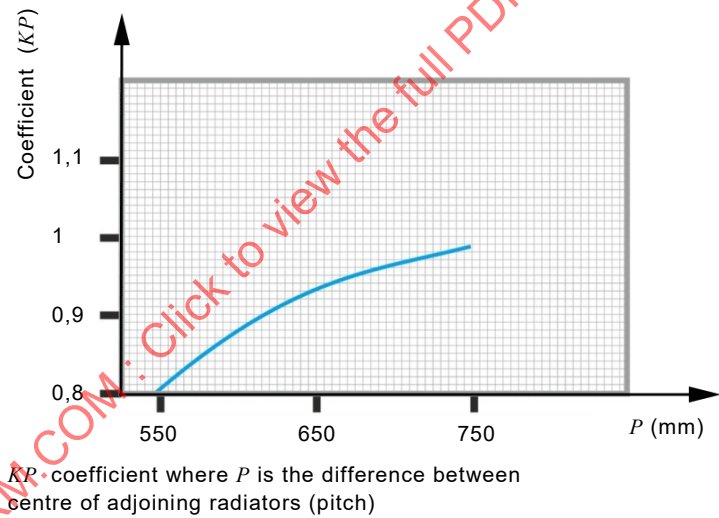
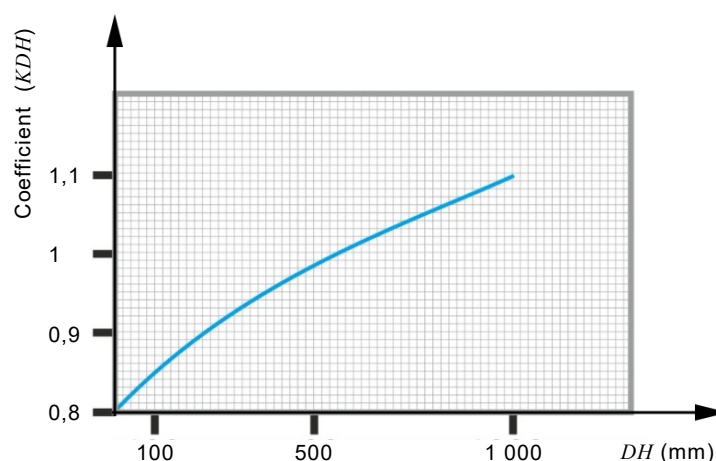


Figure 3 – Coefficient KP

- d) The value of the corrective coefficient KDH as a function of the difference DH in height between the horizontal centreline of the active part of the transformer and the horizontal centreline of the radiators. This coefficient is used to correct the specific heat dissipation of a radiator depending on the difference between the two horizontal centre lines. Figure 4 shows a typical diagram.



KDH coefficient where *DH* is the difference in height between the nucleus centre line and radiator

Figure 4 – Coefficient *KDH*

The cooling capacity of a radiator depends on the average oil temperature rise and the height of the elements. This value shall be corrected by the coefficients *KN*, *KP* and *KDH*.

These diagrams are applicable for ONAN applications only. For ONAF, OFAN or OFAF applications, they have to be adjusted by multiplicative factors, peculiar to every configuration.

6.2.1.2 Type test conditions

The heat dissipation tests shall be performed in a closed and stable environment, within a suitable area, which maintains the ambient temperature stable without variation due to the thermic test itself or to the external climate conditions. This ambient temperature shall be maintained at around $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

The ratio between the volume of the hot oil used in the cooling test and the volume of the room where the tests are performed shall be higher than 1:100.

The specific dissipation curves shall be obtained by testing several times the cooling performances of a specific radiator filled with transformer mineral oil and attached in its normal vertical position to a tank with a well-known oil capacity, dimensions and heat dissipation. The tank shall be designed in such a way that its heat dissipation capacity does not influence the dissipation characteristics of the radiator (see 6.2.1.5).

The radiator painting thickness shall be $120\ \mu\text{m} \pm 10\%$.

The radiators tested shall be of the FG type. The dissipation characteristics of the FR type radiators shall be calculated by interpolation.

No other tests conditions are admissible.

6.2.1.3 Values and parameters to be measured

During the test, the following parameters shall be measured:

- ambient temperature [T_{amb}]: defined as the average of three air temperatures measured by thermocouples immersed in oil and placed in the position described in Figure 5 at 2 m from the ground, with at least 2 m of free space around them;

- radiator oil temperature at inlet $[T_{i,oil}]$: oil inlet temperature measured on the radiator at a distance of 50 mm from the inlet flange, using a thermocouple placed on the external surface and well isolated from the ambient environment, or in a thermometer pocket;
- radiator oil temperature at outlet $[T_{o,oil}]$: oil outlet temperature measured on the radiator at a distance of 50 mm from the outlet flange, using a thermocouple placed on the external surface and well isolated from the ambient environment, or in a thermometer pocket;
- maximum tank oil temperature $[T_{top,oil}]$: temperature measured on the hottest point of the tank on the top of the tank itself;
- maximum oil temperature rise $[\Delta T_{max,oil}] = [T_{top,oil}] - [T_{amb}]$;
- average oil temperature rise $[\Delta T_{avg,oil}] = (0,5 \times ([T_{i,oil}] + [T_{o,oil}])) - [T_{amb}]$;
- total cooling capacity $[q_{TOT}]$: equivalent to the total power generated by the electrical resistors immersed in oil inside the tank;
- cooling capacity of the tank $[q_t]$: the heat dissipated by the tank only, without any radiator attached;
- radiator cooling capacity $[q_{rad}] = [q_{TOT}] - [q_t]$ expressed in kW.

All the values listed above shall be measured in the test conditions described in 6.2.1.2.

6.2.1.4 Instrument characteristics and requirements

The data collection system shall be based on the following elements:

- automatic temperature data collection system;
- thermocouple with functioning range $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- monitoring system of the electric power of the oil immersed resistance.

The temperature data collection system shall have a minimum resolution of $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, and accuracy of $\pm 1,5\%$.

The only admitted heat source are batches of electric resistance immersed in oil with a regulation system of the input power which allows a continuous regulation.

All instruments shall be calibrated and certified.

6.2.1.5 Characteristics of the tank used for dissipation tests

The tank shall be equipped with a conservator to compensate the oil expansion. The shape of the tank shall be such as to guarantee a uniform temperature distribution in any area. A cylindrical shape is the preferred solution.

The tank shall be large enough to ensure a minimum ratio of 1:10 between the oil volume of the tank and the biggest radiator and high enough to allow the mounting of the biggest radiator on test.

To ensure a good temperature distribution inside the tank, a study of the temperature shall be performed during the heat test of the tank alone.

The resistor inside the tank shall have an adjustable position making it possible to change the DH parameter.

The tank shall be insulated to provide an emission of maximum $1\text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. The conservator does not require to be insulated. Figure 5 shows a typical test layout.

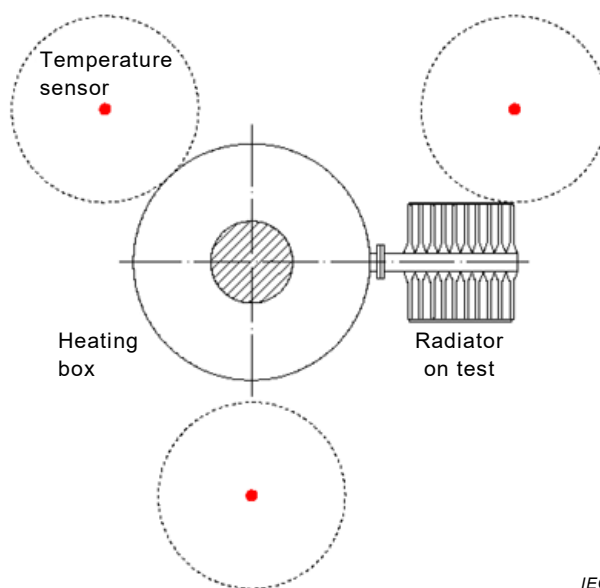


Figure 5 – Test layout

6.2.1.6 Dissipation test method

6.2.1.6.1 Tank dissipation test

The tank should start the heating process by increasing the input power to the resistors in order to reach at least three different temperature rises (60 K, 50 K and 40 K).

The values of the top oil temperature rise and average oil temperature rise shall be recorded at least every 30 min. When the top oil temperature rise rate of change has fallen below 0,5 K/h and has remained there for a period of 4 h, then the tank is considered to have reached stability. The three values of power (kW) corresponding to the three different temperatures shall be recorded.

The manufacturer shall provide in his report the following parameters:

- tank dimension, oil capacity and surface;
- tank insulation characteristics;
- oil type and its characteristics;
- top and average oil temperature rise for each specific electric power dissipated.

Other values of tank heat dissipation (KW) corresponding to a different oil temperature rise can be calculated by interpolation.

6.2.1.6.2 Radiators dissipation tests

Each dissipation test shall be carried out by changing only one parameter at a time from the following:

- number of elements: N ;
- difference between the radiator centre line and the active part centre line: DH ;
- distance from one radiator to the other, which is the pitch between radiators: P .

The distance between the first element and the test tank shall be 300 mm.

For each dissipation test, a report shall be done with the following parameters:

- radiator characteristics (oil capacity, surface, weight, height, number of elements);
- oil type and its characteristics;
- top and average oil temperature rise for each specific electric power dissipated;
- DH (centre lines difference).

The test shall be performed as follows:

Start the dissipation test by energizing the resistor inside the test tank. The input power in kW shall be comparable to the expected radiator and tank losses at the required temperature rise.

Wait for the thermal stability, then adjust the input power in order to reach the required temperature rise.

When the top oil temperature rise rate of change has fallen below 0,5 K/h and has remained there for a period of 4 h, then the tank is considered to have reached stability; at this point the test is considered completed.

The radiator specific dissipation at a certain temperature rise will be calculated by deducting the tank dissipation at the same temperature rise from the total losses measured during the test.

The manufacturer shall conduct these tests for at least four radiator heights (for instance 800 mm, 1 600 mm, 2 400 mm, 3 200 mm), with a $DH = 0$ condition, no other radiators nearby and with a certain number of elements decided by the manufacturer (for example 20 elements).

The tests as described above on the four radiators shall be conducted at three average oil temperature rises (60 K, 50 K and 40 K).

6.2.1.6.3 KDH diagram generation

The same radiators used for the tests above (four radiators) shall be used by adjusting the height of the resistor inside the test tank in order to change the value of DH : at least three different positions of the resistor shall be tested at the three different temperature rises (60 K, 50 K and 40 K) for each radiator. For example: 350 mm, 700 mm, 1 000 mm. The different positions shall change by at least 300 mm.

6.2.1.6.4 KN diagram generation

Three tests with different number of elements shall be carried out for each radiator height, and for the three temperature rises above (60 K, 50 K and 40 K). The number of elements shall change in steps of 10 (for example 5, 15, 25 elements).

6.2.1.6.5 KP diagram generation

Three dissipation tests for each radiator height (four radiators) and for the three temperature rises (60 K, 50 K and 40 K) shall be performed using thermal insulating panels at the two sides of the radiator, to simulate the proximity of other radiators. The panels shall be as high as the tested radiator and with thermal conductivity of less than $1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Each test should be carried out by changing the distance of the panels by at least 100 mm, for example at 50 mm, 150 mm, 250 mm from the tested radiator.

6.2.1.6.6 Results

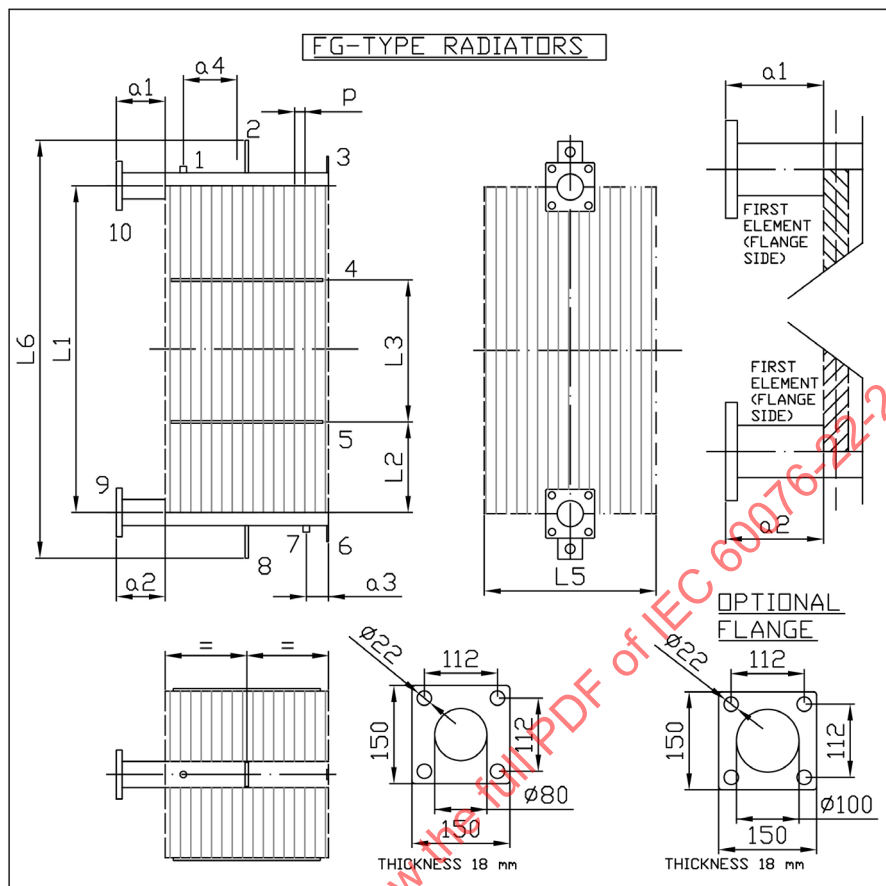
Coefficients and dissipation values for different temperature rises, radiator heights, number of elements and centre lines are determined by interpolation of the measured values.

6.2.2 Vacuum resistance type test

The radiator shall be submitted to an internal absolute pressure of 200 Pa and then closed off hermetically. After 6 h, the internal absolute pressure shall not exceed 500 Pa. At the end of the test, with the radiator open to ambient pressure, no permanent deformation shall be registered.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

7 Dimensions and drawings

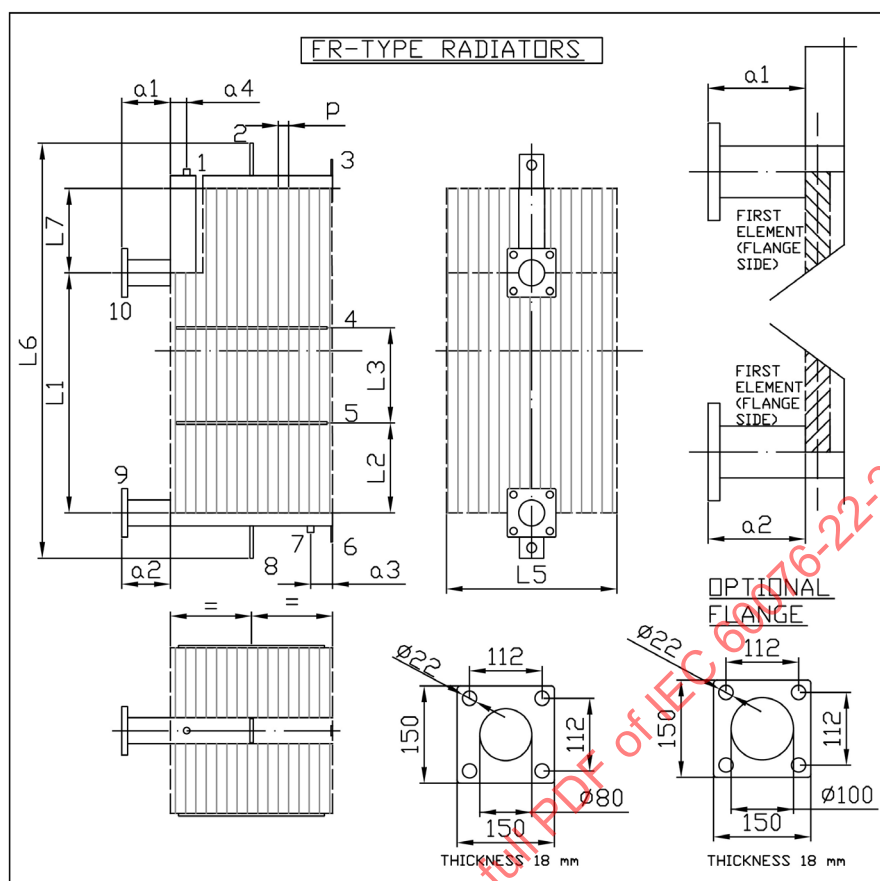


DIMENSIONS	STAMPED PLATES RADIATORS		PIPES RADIATORS	
	VALUES	TOLERANCES	VALUES	TOLERANCES
Ntot (number of elements)	1..34	0	1..34	0
L1	800..3500 mm	+/- 2 mm	800..3500 mm	+/- 2 mm
L2	800..1500 1600..2500 2600..3500	+/- 2 mm	800..1300 1300..2100 2100..3500	+/- 2 mm
Stiffening numbers	1 2 3	0	1 2 3	
L3	800..1600 1600..2500 2500..3500	+/- 2 mm	800..1600 1600..2500 2500..3500	+/- 2 mm
Stiffening numbers	0 2 3		0 2 3	
L5	520	+5 / - 10 mm	510	+/- 5 mm
L6	L1+320 mm	+/- 5 mm	L1+320 mm	+/- 5 mm
a1	50..280 mm	+/- 2 mm	50..280 mm	+/- 2 mm
a2	50..280 mm	+/- 2 mm	50..280 mm	+/- 2 mm
a3	30..100 mm	+/- 2 mm	30..100 mm	+/- 2 mm
a4	30..100 mm	+/- 2 mm	30..100 mm	+/- 2 mm
p (Distance between elements)	45 mm	+/- 2 mm	50 mm	+/- 2 mm

Key

- 1 Vent plug
- 2 Lifting lug
- 3 Fixing plate
- 4 Stiffening
- 5 Stiffening
- 6 Fixing plate
- 7 Drain plug
- 8 Lifting lug
- 9 Flange
- 10 Flange

Figure 6 – Type FG



DIMENSIONS	STAMPED PLATES RADIATORS			PIPES RADIATORS		
	VALUES		TOLERANCES	VALUES		TOLERANCES
Ntot (number of elements)	1..34		0	1..34		0
L1	800..3500 mm		+/- 2 mm	800..3500 mm		+/- 2 mm
L2	800..1500	1600..2500	2600..3500	800..1300	1300..2100	2100..3500
Stiffening numbers	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$
L3	1	2	3	1	2	3
L3	800..1600	1600..2500	2500..3500	800..1600	1600..2500	2500..3500
Stiffening numbers	0	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$	0	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$
L5	0	2	3	0	2	3
L5	520		+5 / - 10 mm	510		+/- 5 mm
L6	$(L1 + L7) + 320$ mm		+/- 5 mm	$(L1 + L7) + 320$ mm		+/- 5 mm
L7	100..600 mm		+/- 2 mm	100..1000 mm		+/- 2 mm
a1	50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm		+/- 2 mm
a2	50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm		+/- 2 mm
a3	30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm		+/- 2 mm
a4	30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm		+/- 2 mm
p (Distance between elements)	45 mm		+/- 2 mm	50 mm		+/- 2 mm

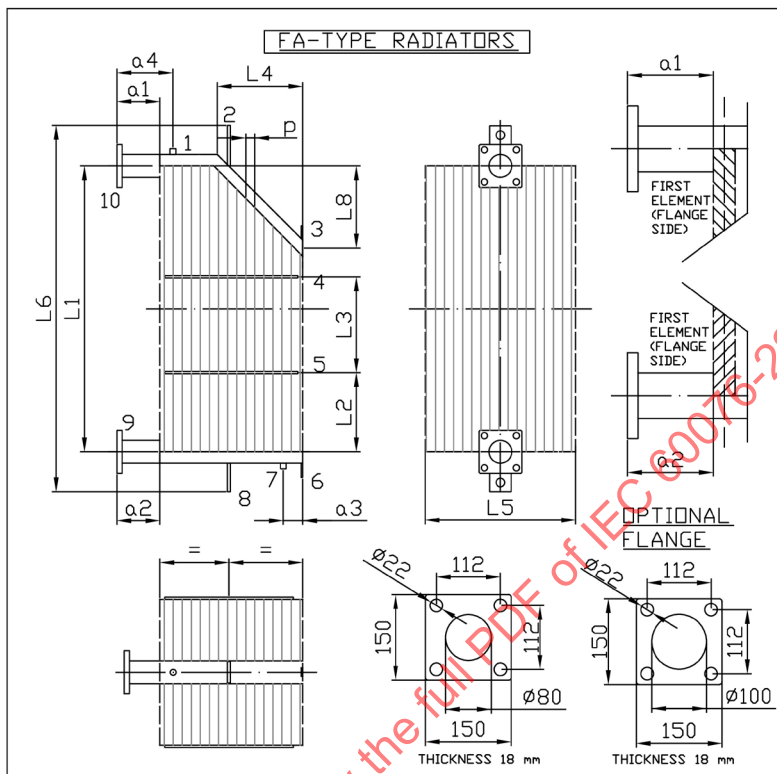
Key

- 1 Vent plug
- 2 Lifting lug
- 3 Fixing plate
- 4 Stiffening
- 5 Stiffening
- 6 Fixing plate
- 7 Drain plug
- 8 Lifting lug
- 9 Flange
- 10 Flange

Figure 7 – Type FR

Annex A (normative)

Alternative radiator designs – Dimensions and drawings

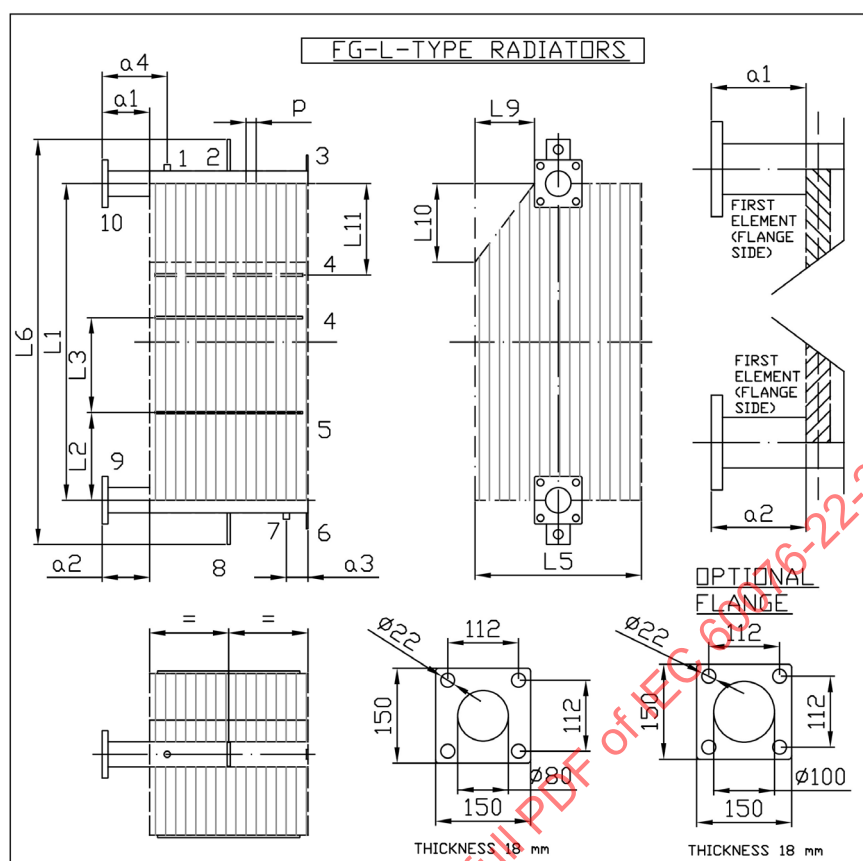


DIMENSIONS	STAMPED PLATES RADIATORS		PIPES RADIATORS	
	VALUES	TOLERANCES	VALUES	TOLERANCES
Ntot (number of elements)	1.34	0	1.34	0
Npar (number of inclined elements)	1.34	0	1.34	0
L1	800..3500 mm	+/- 2 mm	800..3500 mm	+/- 2 mm
L2	800..1500 1600..2500 2600..3500 $\frac{1}{2}$ L1 $\frac{1}{2}$ L1 $\frac{1}{2}$ L1	+/- 2 mm	800..1300 1300..2100 2100..3500 $\frac{1}{2}$ L1 $\frac{1}{2}$ L1 $\frac{1}{2}$ L1	+/- 2 mm
Stiffening numbers	1 2 3	0	1 2 3	
L3	800..1600 1600..2500 2500..3500 0 $\frac{1}{2}$ L1 $\frac{1}{2}$ L1	+/- 2 mm	800..1600 1600..2500 2500..3500 0 $\frac{1}{2}$ L1 $\frac{1}{2}$ L1	+/- 2 mm
Stiffening numbers	0 2 3		0 2 3	
L4	0.. $\frac{1}{2}$ (p Ntot)	+/- 2 mm	0.. $\frac{1}{2}$ (p Ntot)	+/- 2 mm
L5	520	+5 / - 10 mm	510	+/- 5 mm
L6	L1+320 mm	+/- 5 mm	L1+320 mm	+/- 5 mm
L8	0..L4	+/- 2 mm	0..L4	+/- 2 mm
a1	50..280 mm	+/- 2 mm	50..280 mm	+/- 2 mm
a2	50..280 mm	+/- 2 mm	50..280 mm	+/- 2 mm
a3	30..100 mm	+/- 2 mm	30..100 mm	+/- 2 mm
a4	30..100 mm	+/- 2 mm	30..100 mm	+/- 2 mm
p (Distance between elements)	45 mm	+/- 2 mm	50 mm	+/- 2 mm

Key

- 1 Vent plug
- 2 Lifting lug
- 3 Fixing plate
- 4 Stiffening
- 5 Stiffening
- 6 Fixing plate
- 7 Drain plug
- 8 Lifting lug
- 9 Flange
- 10 Flange

Figure A.1 – Type FA

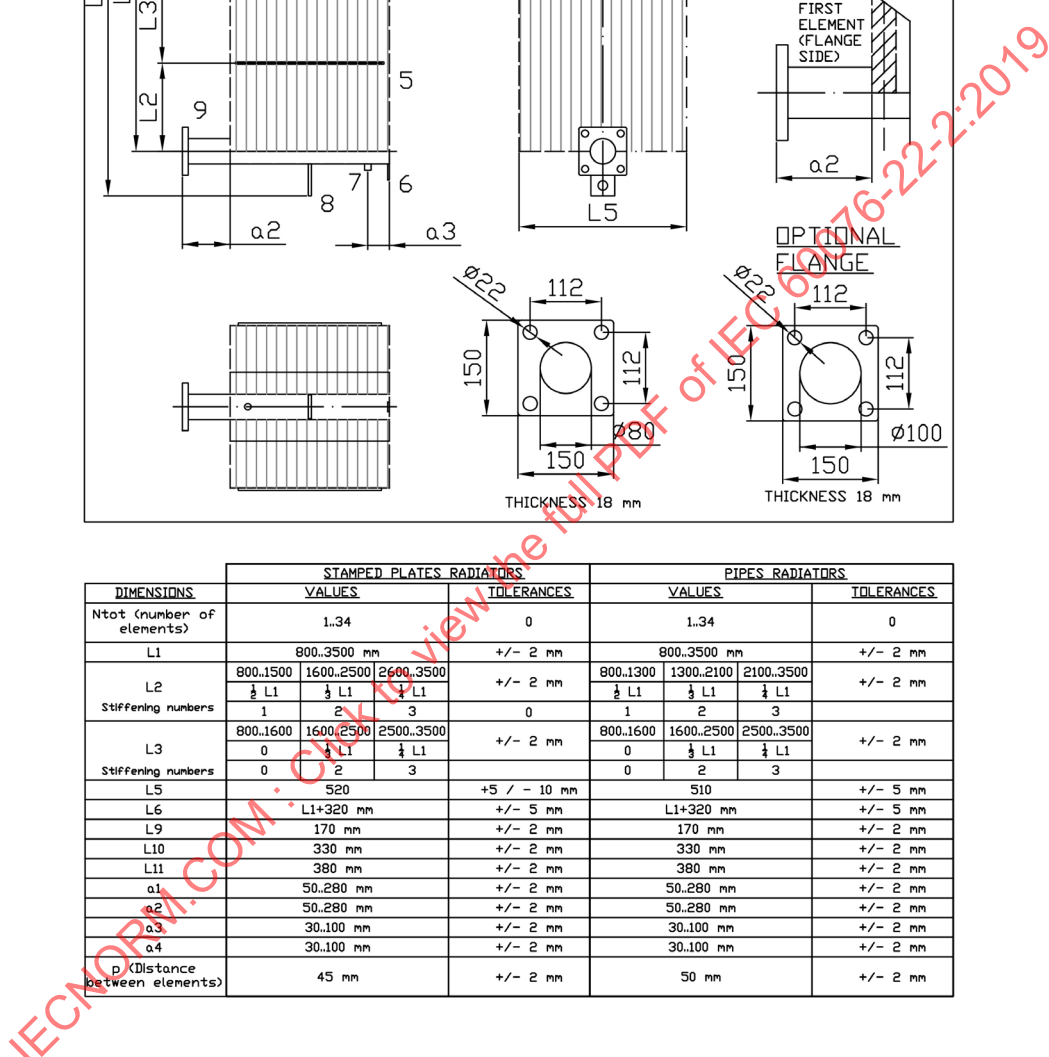


		STAMPED PLATES RADIATORS			PIPPES RADIATORS			
DIMENSIONS		VALUES		TOLERANCES	VALUES			TOLERANCES
Ntot (number of elements)		1.34		0	1.34			0
L1		800..3500 mm		+/- 2 mm	800..3500 mm			+/- 2 mm
L2		800..1500	1600..2500	2600..3500	800..1300	1300..2100	2100..3500	+/- 2 mm
Stiffening numbers		$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{3}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{3}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	+/- 2 mm
		1	2	3	1	2	3	
		800..1600	1600..2500	2500..3500	800..1600	1600..2500	2500..3500	
L3		0	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	0	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	+/- 2 mm
Stiffening numbers		0	2	3	0	2	3	
L5		520		+5 / - 10 mm	510			+/- 5 mm
L6		L1+320 mm		+/- 5 mm	L1+320 mm			+/- 5 mm
L9		170 mm		+/- 2 mm	170 mm			+/- 2 mm
L10		330 mm		+/- 2 mm	330 mm			+/- 2 mm
L11		380 mm		+/- 2 mm	380 mm			+/- 2 mm
a1		50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm			+/- 2 mm
a2		50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm			+/- 2 mm
a3		30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm			+/- 2 mm
a4		30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm			+/- 2 mm
p (Distance between elements)		45 mm		+/- 2 mm	50 mm			+/- 2 mm

Key

- 1 Vent plug
- 2 Lifting lug
- 3 Fixing plate
- 4 Stiffening
- 5 Stiffening
- 6 Fixing plate
- 7 Drain plug
- 8 Lifting lug
- 9 Flange
- 10 Flange

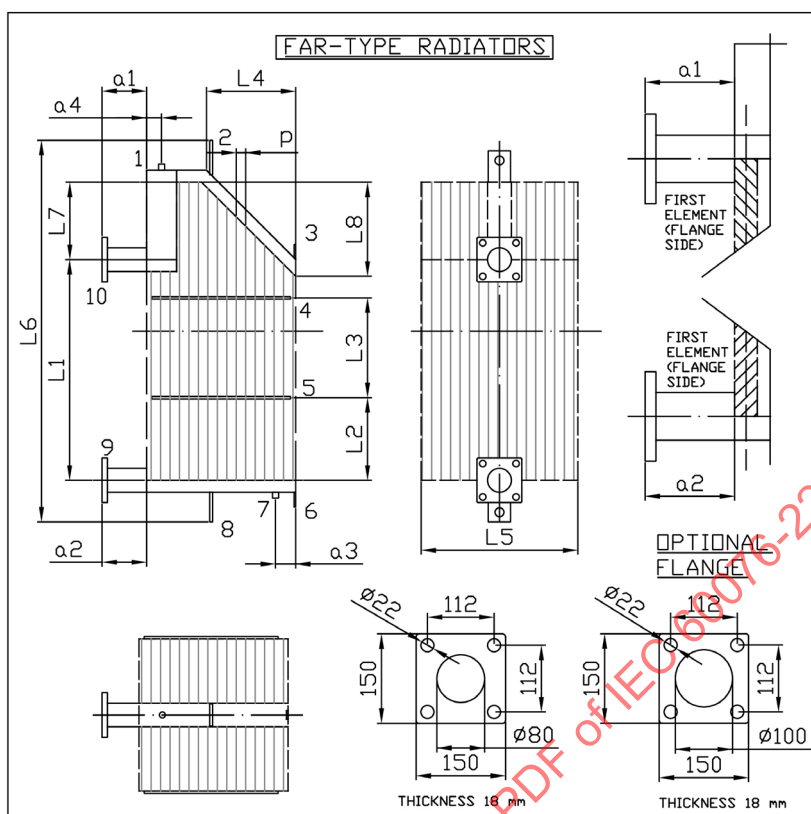
Figure A.2 – Type FG-L



		STAMPED PLATES RADIATORS			PIPES RADIATORS			
DIMENSIONS		VALUES		TOLERANCES	VALUES			TOLERANCES
Ntot (number of elements)		1..34		0	1..34			0
L1		800..3500 mm		+/- 2 mm	800..3500 mm			+/- 2 mm
L2		800..1500	1600..2500	2600..3500	800..1300	1300..2100	2100..3500	
Stiffening numbers		$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{3}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{3}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	
		1	2	3	1	2	3	
L3		800..1600	1600..2500	2500..3500	800..1600	1600..2500	2500..3500	
Stiffening numbers		0	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	0	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{4}$ L1	
		0	1	3	0	2	3	
L5		520		+5 / - 10 mm	510			+/- 5 mm
L6		L1+320 mm		+/- 5 mm	L1+320 mm			+/- 5 mm
L9		170 mm		+/- 2 mm	170 mm			+/- 2 mm
L10		330 mm		+/- 2 mm	330 mm			+/- 2 mm
L11		380 mm		+/- 2 mm	380 mm			+/- 2 mm
a1		50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm			+/- 2 mm
a2		50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm			+/- 2 mm
a3		30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm			+/- 2 mm
a4		30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm			+/- 2 mm
p (Distance between elements)		45 mm		+/- 2 mm	50 mm			+/- 2 mm

- 1 Vent plug
- 2 Lifting lug
- 3 Fixing plate
- 4 Stiffening
- 5 Stiffening
- 6 Fixing plate
- 7 Drain plug
- 8 Lifting lug
- 9 Flange
- 10 Flange

Figure A.3 – Type FG-R

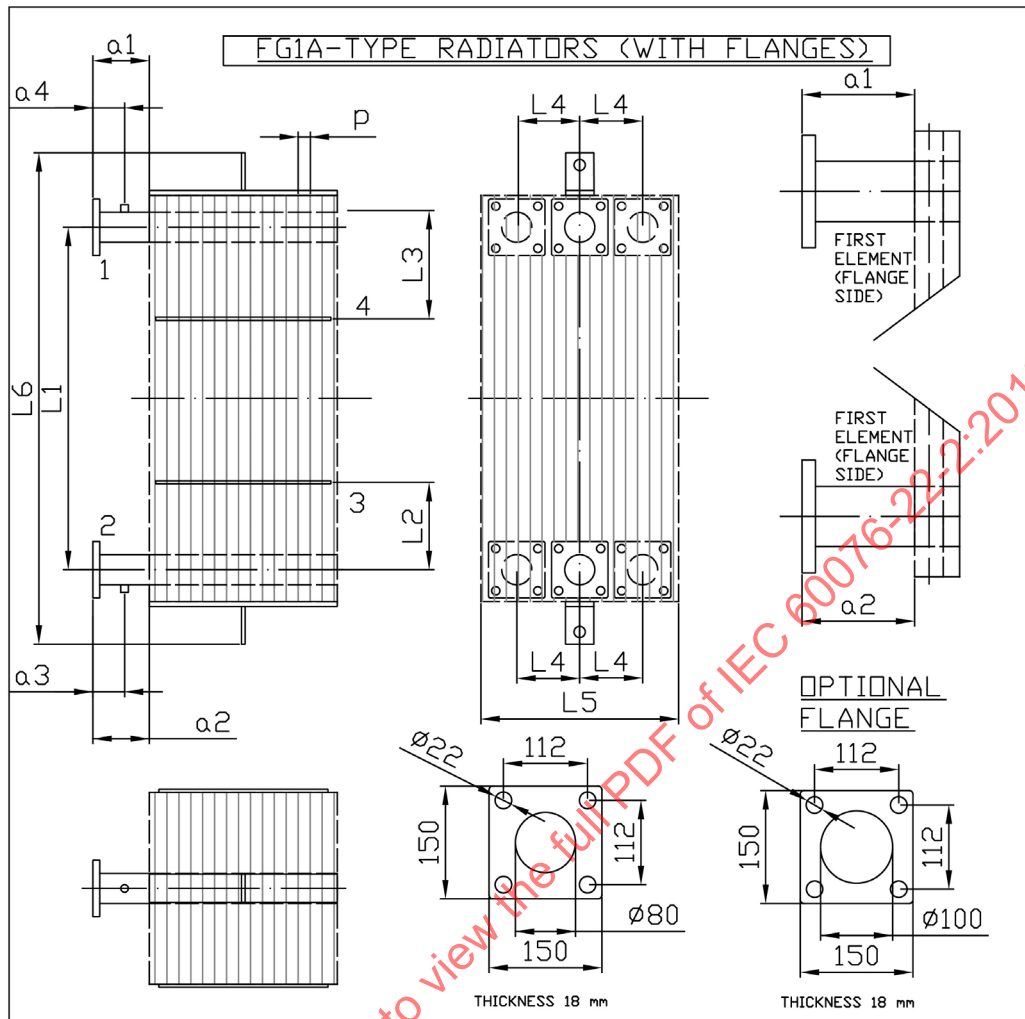


DIMENSIONS	STAMPED PLATES RADIATORS			PIPES RADIATORS		
	VALUES	TOLERANCES		VALUES	TOLERANCES	
Ntot (number of elements)	1..34	0		1..34	0	
Npar (number of inclined elements)	1..34	0		1..34	0	
L1	800..3500 mm	+/- 2 mm		800..3500 mm	+/- 2 mm	
L2	800..1500 1600..2500 2600..3500	+/- 2 mm		800..1300 1300..2100 2100..3500	+/- 2 mm	
Stiffening numbers	1 2 3	0		1 2 3	0	
L3	800..1600 1600..2500 2500..3500	+/- 2 mm		800..1600 1600..2500 2500..3500	+/- 2 mm	
Stiffening numbers	0 1 2 3	0		0 1 2 3	0	
L4	0.. 2(p Ntot)	+/- 2 mm		0.. 2(p Ntot)	+/- 2 mm	
L5	520	+5 / - 10 mm		510	+/- 5 mm	
L6	(L1+L7)+320 mm	+/- 5 mm		(L1+L7)+320 mm	+/- 5 mm	
L7	100..600 mm	+/- 2 mm		100..1000 mm	+/- 2 mm	
L8	0..L4	+/- 2 mm		0..L4	+/- 2 mm	
a1	50..280 mm	+/- 2 mm		50..280 mm	+/- 2 mm	
a2	50..280 mm	+/- 2 mm		50..280 mm	+/- 2 mm	
a3	30..100 mm	+/- 2 mm		30..100 mm	+/- 2 mm	
a4	30..100 mm	+/- 2 mm		30..100 mm	+/- 2 mm	
Distance between elements	45 mm	+/- 2 mm		50 mm	+/- 2 mm	

Key

- 1 Vent plug
- 2 Lifting lug
- 3 Fixing plate
- 4 Stiffening
- 5 Stiffening
- 6 Fixing plate
- 7 Drain plug
- 8 Lifting lug
- 9 Flange
- 10 Flange

Figure A.4 – Type FAR



DIMENSIONS	STAMPED PLATES RADIATORS	
	VALUES	TOLERANCES
Ntot (number of elements)	2..14	0
L1	600..1600 mm	+/- 2 mm
L2	200	+/- 2 mm
L3	200	+/- 2 mm
L4	131	+/- 2 mm
L5	520	+5 / - 10 mm
L6	L1+320	+/- 5 mm
a1	35..200 mm	+/- 2 mm
a2	35..200 mm	+/- 2 mm
a3	30..100 mm	+/- 2 mm
a4	30..100 mm	+/- 2 mm
p (Distance between elements)	40 mm	+/- 2 mm

Key

- 1 Flange
- 2 Flange
- 3 Stiffening
- 4 Stiffening

Figure A.5 – Type FG1A (with flanges)

Bibliography

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	27
INTRODUCTION.....	29
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes et définitions	30
4 Exigences générales	31
4.1 Généralités	31
4.2 Protection contre la corrosion externe.....	31
4.3 Protection contre la corrosion interne.....	31
4.4 Caractéristiques du liquide isolant.....	31
5 Caractéristiques et exigences générales.....	32
5.1 Composants principaux.....	32
5.2 Types de radiateurs définis dans le présent document	32
5.3 Matériaux.....	32
5.4 Dimensions et tolérances	33
5.5 Préparation pour le transport et le stockage.....	33
5.6 Identification des radiateurs	34
6 Essais	34
6.1 Essais individuels de série	34
6.1.1 Essais d'étanchéité.....	34
6.1.2 Surfaces	34
6.2 Essais de type	35
6.2.1 Performances de refroidissement	35
6.2.2 Essai de type de résistance au vide.....	41
7 Dimensions et plans	42
Annexe A (normative) Autres conceptions de radiateur – Dimensions et plans.....	46
Bibliographie.....	56
Figure 1 – Schéma de dissipation des radiateurs	35
Figure 2 – Coefficient KN	36
Figure 3 – Coefficient KP	36
Figure 4 – Coefficient KDH	37
Figure 5 – Montage d'essai	39
Figure 6 – Type FG.....	43
Figure 7 – Type FR.....	45
Figure A.1 – Type FA.....	47
Figure A.2 – Type FG-L	49
Figure A.3 – Type FG-R.....	51
Figure A.4 – Type FAR	53
Figure A.5 – Type FG1A (avec brides)	55
Tableau 1 – Formulaire de caractéristiques du radiateur	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

**Partie 22-2: Accessoires pour transformateurs de puissance
et bobines d'inductance – Radiateurs détachables**

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 60076-22-2 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:

CDV	Rapport de vote
14/895/CDV	14/917A/RVC

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

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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

INTRODUCTION

Publiée sous le titre de partie "Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance", la présente partie de l'IEC 60076-22 couvre les radiateurs détachables utilisés dans les circuits de refroidissement des transformateurs de puissance et des bobines d'inductance.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 22-2: Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – Radiateurs détachables

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60076 s'applique aux radiateurs montés 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 les installations intérieures ou extérieures. Elle présente les conditions de service et les exigences mécaniques et électriques communes à ces équipements.

Elle présente également les exigences de fonctionnement spécifiques à ces équipements et les dimensions préférentielles pertinentes pour l'interchangeabilité, ainsi que les essais de type et individuels de série à réaliser.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

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

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

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

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

radiateur détachable

appareil dans lequel circule et se refroidit le liquide isolant du transformateur

Note 1 à l'article: Cet appareil peut être démonté du transformateur pour les besoins du transport ou de la maintenance.

Note 2 à l'article: Cet appareil présente une capacité naturelle au refroidissement.

Note 3 à l'article: Les systèmes de refroidissement par radiateurs peuvent être équipés de ventilateurs et/ou de pompes de circulation.

4 Exigences générales

4.1 Généralités

Les conditions de service normales présentées dans l'IEC 60076-1, représentent le domaine d'application normal du fonctionnement de l'équipement spécifié dans le présent document.

Pour toutes les conditions de service inhabituelles qui exigent une prise en compte particulière lors de la conception de l'équipement, voir l'IEC 60076-1. Le fonctionnement dans ces conditions de service inhabituelles doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur, compte tenu desdites considérations particulières en matière de conception de l'équipement.

4.2 Protection contre la corrosion externe

Les matériaux utilisés pour la construction de l'équipement ou le traitement de surface doivent résister au contact accidentel avec le liquide isolant et aux conditions environnementales données 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). La spécification du niveau correct de protection contre la corrosion relève de la responsabilité de l'acheteur et dépend de l'environnement dans lequel le transformateur va se trouver et de la durabilité exigée. Sauf spécification contraire, le niveau de résistance minimal doit être de classe de durabilité C4 "Moyenne" selon l'ISO 12944-6.

Compte tenu du processus de peinture spécifique des radiateurs, une couleur définitive commune permettrait dans une large mesure de réduire la pollution environnementale. Sauf spécification différente de l'acheteur, les couleurs RAL 7031, 7032 ou 7033 sont les couleurs finales recommandées.

4.3 Protection contre la corrosion interne

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 du radiateur doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant. À titre d'exigence minimale, des précautions doivent être prises pour empêcher la pénétration d'humidité et le développement de la corrosion interne. Le rinçage intérieur avec du liquide isolant totalement miscible et compatible avec le liquide à utiliser dans les conditions de service, et l'utilisation de plaques d'obturation munies de joints d'étanchéité sont considérés comme une condition minimale. La peinture intérieure, le remplissage à l'azote, des matériaux déshydratants, etc., peuvent être utilisés comme des solutions alternatives ou supplémentaires.

4.4 Caractéristiques du liquide isolant

Sauf spécification contraire, le liquide isolant doit être une huile minérale conforme à l'IEC 60296, et la température d'exploitation doit être conforme à l'IEC 60076-7.

Si le liquide isolant n'est pas une huile minérale, la variation de viscosité, la température d'exploitation et toutes les autres caractéristiques de fonctionnement doivent être indiquées par l'acheteur.

5 Caractéristiques et exigences générales

5.1 Composants principaux

Les principaux composants du radiateur sont les suivants:

- collecteur général, collecteurs en haut et en bas du radiateur;
- brides de raccordement, brides qui connectent les radiateurs à la cuve du transformateur;
- éléments de refroidissement, éléments du radiateur qui dissipent la chaleur;
- œillets de levage, dispositifs utilisés pour manipuler le radiateur;
- platines de fixation, installations permettant de relier les radiateurs entre eux pour les renforcer;
- fixations de ventilateur, dispositifs facultatifs pour l'installation des ventilateurs sur le côté et à la base.

Les collecteurs généraux doivent être conçus de manière à assurer le remplissage et la vidange complets. Les éléments obliques ou réduits sont acceptables.

La présentation est donnée à la Figure 6 et la Figure 7, et de la Figure A.1 à la Figure A.5.

Le collecteur général supérieur des radiateurs doit être équipé d'un dispositif de purge d'air et le collecteur général inférieur des radiateurs d'un dispositif de vidange.

5.2 Types de radiateurs définis dans le présent document

Les types de radiateurs définis sont les suivants:

Types de radiateurs communs

FG radiateurs à brides carrées et éléments de longueurs égales (voir la Figure 6)

FR radiateurs à brides carrées et collecteur général supérieur abaissé (voir la Figure 7)

Autres types de conceptions

FA radiateurs à brides carrées et éléments de longueurs inégales (voir la Figure A.1)

FG-L radiateurs à brides carrées et éléments de longueurs égales avec un certain nombre d'éléments chanfreinés côté gauche (voir la Figure A.2)

FG-R radiateurs à brides carrées et éléments de longueurs égales avec un certain nombre d'éléments chanfreinés côté droit (voir la Figure A.3)

FAR radiateurs à brides carrées avec éléments externes inclinés, avec ou sans collecteur général supérieur abaissé (voir la Figure A.4)

FG1A radiateurs avec ou sans bride carrée sans collecteur général, avec ou sans connexion centrale (voir la Figure A.5)

5.3 Matériaux

Les éléments des radiateurs doivent être composés de tôles d'acier embouties ou de tubes d'acier (ronds, ovales ou à ailettes) d'une épaisseur d'au moins 1,0 mm. Pour obtenir des performances mécaniques supérieures, une épaisseur de 1,2 mm peut être spécifiée par

l'acheteur pour les radiateurs en tôles d'acier embouties. D'autres matériaux et épaisseurs peuvent être utilisés dans le cadre d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

5.4 Dimensions et tolérances

Pour assurer l'interchangeabilité entre les radiateurs provenant de différents fabricants, les tolérances données de la Figure 6 à la Figure A.5 sont obligatoires.

Au moins deux œillets de levage doivent être prévus, l'un en haut et l'autre en bas du radiateur, et le diamètre de leur trou doit être d'au moins 30 mm.

Les radiateurs ne doivent pas fléchir par rapport à l'horizontale de plus de 2 mm/m sans huile. C'est la raison pour laquelle le nombre de raidisseurs et les distances qui les séparent indiqués de la Figure 6 à la Figure A.5 sont les valeurs minimales exigées. Des raidisseurs supplémentaires peuvent être convenus entre l'acheteur et le fabricant en fonction:

- des exigences spécifiques du transformateur (bobines d'inductance, exigences en matière de bruit, par exemple);
- des conditions sismiques et environnementales spécifiques sévères.

Le fabricant doit fournir un tableau indiquant exactement la surface en m², le poids en kg et la capacité en huile de chaque élément en fonction de la hauteur de l'élément lui-même. Le tableau ne contient pas les données relatives aux collecteurs du radiateur. Un exemple de ce type de tableau est donné dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Formulaire de caractéristiques du radiateur

HAUTEUR DE L'ÉLÉMENT (mm)	SURFACE DE L'ÉLÉMENT (m ²)	POIDS DE L'ÉLÉMENT (kg)	CAPACITÉ DE L'ÉLÉMENT (dm ³)
800	XXXX	XXXX	XXXX
.....			
3 500	XXXX	XXXX	XXXX

5.5 Préparation pour le transport et le stockage

La préparation des brides du radiateur pour le transport relève de la responsabilité du fabricant. Il s'agit d'éviter la pénétration de particules et de contaminants dans le radiateur pendant le transport ou le stockage, et des précautions doivent être prises pour s'assurer de l'absence de détérioration due à l'humidité.

Sauf spécification contraire, la configuration du stockage doit permettre d'assurer une période minimale de stockage d'au moins six mois dans les conditions environnementales définies dans l'IEC 60076-1.

Toutes les mesures doivent être prises pour éviter que les éléments ne fassent l'objet de dommages mécaniques, par exemple:

- matériau en caoutchouc ou en bois entre les radiateurs pour éviter de rayer le traitement externe appliqué sur les éléments de refroidissement;
- ceintures en plastique pour maintenir les radiateurs serrés sur la palette et entre eux;
- palettes solides pour assurer la protection sous les radiateurs lors de leur manipulation avec un chariot élévateur.

Pour le transport international, une caisse (éventuellement à claire-voie) en bois est recommandée, sauf en cas d'accord contraire avec l'acheteur.

5.6 Identification des radiateurs

Les radiateurs doivent porter un marquage avec le nom ou le logo du fabricant, un numéro d'identification de lot et le site de production, afin de les identifier sur le terrain.

6 Essais

6.1 Essais individuels de série

6.1.1 Essais d'étanchéité

Le radiateur doit être soumis à l'un des essais d'étanchéité suivants, dont le choix doit être à la discrétion du fabricant du radiateur:

- essai hydraulique avec le transformateur rempli d'huile à $60\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ et une pression de 200 kPa pendant 3 h;
- essai pneumatique avec de l'air comprimé dans l'eau à 200 kPa pendant au moins 30 min;
- essai pneumatique avec de l'air comprimé dans l'eau à 500 kPa pendant au moins 5 min.

Pour les essais ci-dessus, le critère d'acceptation est qu'un examen visuel ne doit déceler aucune fuite pendant la période mentionnée.

Des modes opératoires d'essai différents peuvent être convenus entre l'acheteur et le fabricant.

6.1.2 Surfaces

6.1.2.1 Examen visuel

Les radiateurs doivent faire l'objet d'un examen visuel, et aucune déformation, aucun dommage ni aucune bosse ne doivent être détectés.

6.1.2.2 Examen de la peinture extérieure

L'épaisseur totale et partielle des différents revêtements doit être mesurée selon le mode opératoire décrit dans l'ISO 12944-7.

À la demande du client, une feuille de contrôle doit être mise à disposition pour démontrer la qualité de l'application de la peinture extérieure. Par conséquent, il convient de préparer une feuille de contrôle, sur laquelle le fabricant note tous les paramètres pertinents de chaque lot de production. Les éléments devant être consignés sont en particulier: la température et l'humidité ambiantes lors de l'application, le type de traitement préalable de la surface (sablage, dégraissage), le lot et le type de la peinture utilisée, la température et la durée de séchage et les épaisseurs finales mesurées après chaque couche de revêtement. Si cela est exigé, il convient également de consigner le résultat de l'essai d'adhésion.

6.1.2.3 Surfaces internes

Toutes les surfaces internes doivent être soigneusement nettoyées de sorte que l'acheteur n'ait pas besoin de le faire.

Pour mesurer la propreté des surfaces internes, l'acheteur doit spécifier les critères d'acceptation par comptage des particules conformément à l'ISO 4406.

Pour les radiateurs dont les surfaces internes ne sont pas peintes, si aucun critère n'est spécifié, l'exigence minimale applicable consiste à réaliser un rinçage à l'aide d'un filtre de 20 µm maximum afin de détecter la présence de particules ou de contaminants.

Pour les radiateurs dont les surfaces internes sont peintes, si aucun critère n'est spécifié, l'exigence minimale applicable est un examen visuel. Il s'agit de s'assurer qu'aucune particule détachée n'est présente dans le radiateur, que la surface interne est sèche et que la peinture présente une bonne adhésion. Le revêtement utilisé doit être convenu entre l'acheteur et le fabricant. Il doit être compatible avec le fluide diélectrique du transformateur et ne doit pas s'abîmer avec le temps et compromettre l'intégrité de l'équipement électrique.

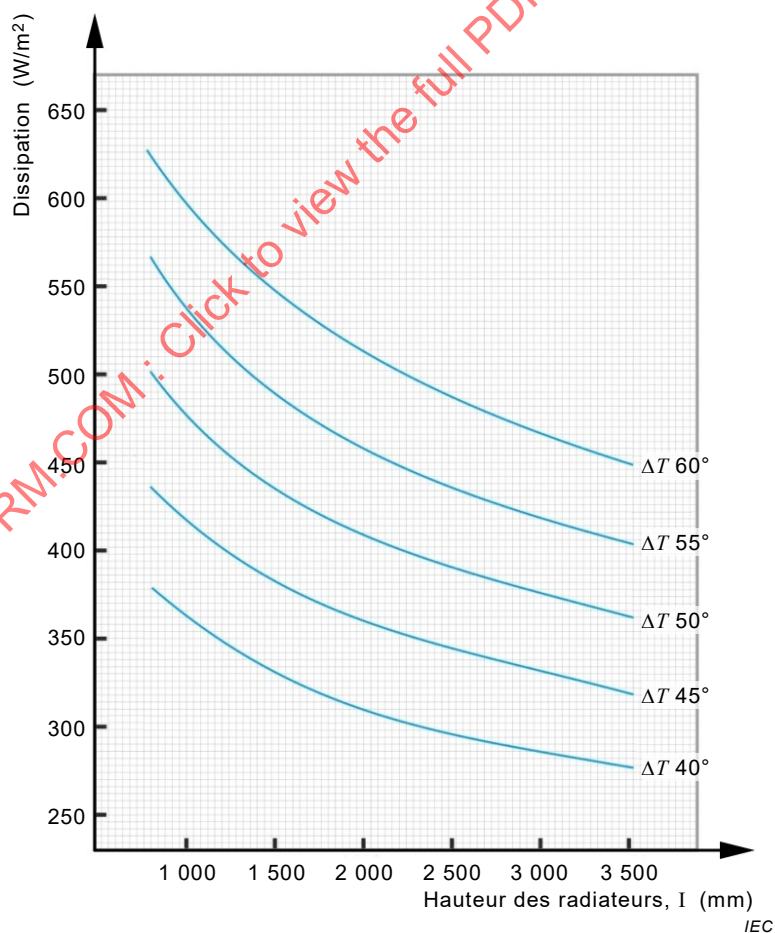
6.2 Essais de type

6.2.1 Performances de refroidissement

6.2.1.1 Vue d'ensemble

Cette procédure décrit la méthode qui doit être utilisée pour déterminer les performances de refroidissement des radiateurs dans des conditions ONAN (refroidissement interne par circulation naturelle d'huile et refroidissement externe par circulation naturelle d'air – *oil natural air natural*). Cet essai de type a pour objet d'obtenir les résultats suivants:

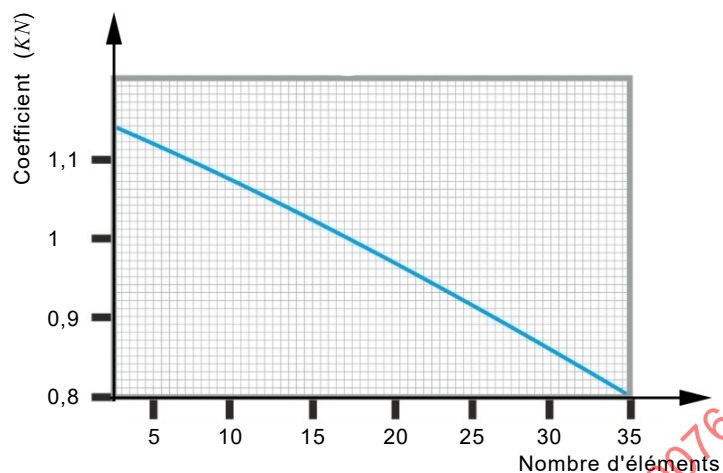
- a) Le schéma présentant la dissipation thermique spécifique du radiateur (W/m^2) en fonction de sa hauteur (mm) et de l'échauffement de l'huile moyenne par rapport à l'air ambiant (K). La Figure 1 présente un schéma classique.



NOTE ΔT correspond à l'échauffement moyen de l'huile $[\Delta T_{\text{moy,huile}}] = (0,5 \times ([T_{\text{i,huile}}] + [T_{\text{o,huile}}])) - [T_{\text{amb}}]$.

Figure 1 – Schéma de dissipation des radiateurs

- b) La valeur du coefficient de correction KN en fonction du nombre d'éléments du radiateur. Ce coefficient est utilisé pour corriger la dissipation thermique spécifique d'un radiateur en fonction du nombre d'éléments du radiateur lui-même. La Figure 2 présente un schéma classique.

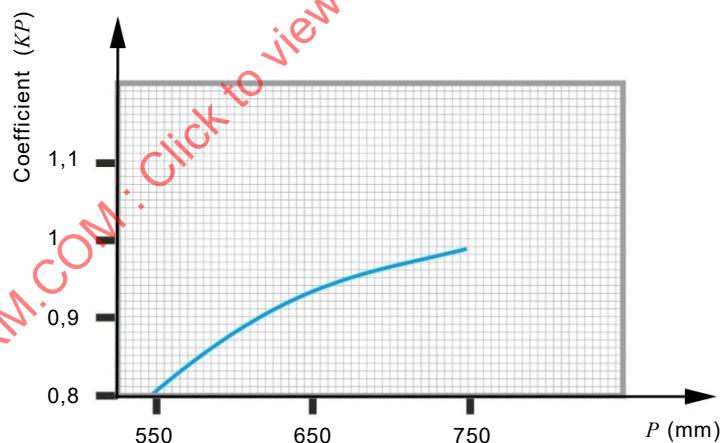


Coefficient KN , où N est le nombre d'éléments de chaque radiateur

IEC

Figure 2 – Coefficient KN

- c) La valeur du coefficient de correction KP en fonction de la distance entre les radiateurs (pas). Ce coefficient est utilisé pour corriger la dissipation thermique spécifique d'un radiateur en fonction de la différence entre les centres de radiateurs adjacents. La Figure 3 présente un schéma classique.

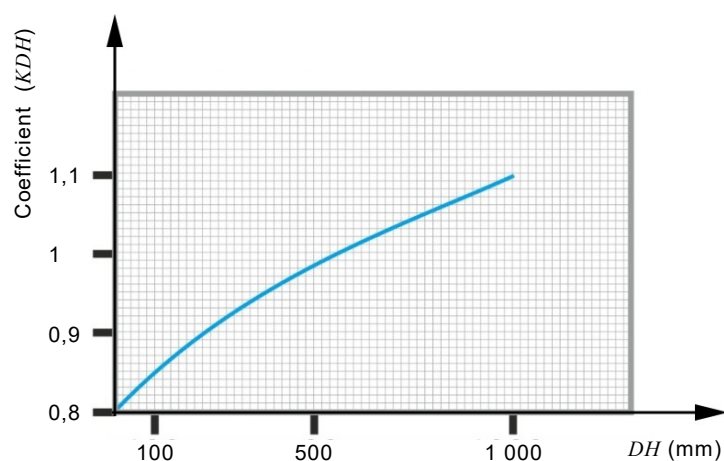


KP est le coefficient, où P est la différence entre les centres de radiateurs adjacents (pas)

IEC

Figure 3 – Coefficient KP

- d) La valeur du coefficient de correction KDH en fonction de la différence de hauteur DH entre l'axe horizontal de la partie active du transformateur et l'axe horizontal des radiateurs. Ce coefficient est utilisé pour corriger la dissipation thermique spécifique d'un radiateur en fonction de la différence entre deux axes horizontaux. La Figure 4 présente un schéma classique.



Coefficient KDH , où DH est la différence de hauteur entre l'axe du noyau et le radiateur

Figure 4 – Coefficient KDH

La capacité de refroidissement d'un radiateur dépend de l'échauffement moyen de l'huile et de la hauteur des éléments. Cette valeur doit être corrigée par les coefficients KN , KP et KDH .

Ces schémas s'appliquent dans le cas d'une application ONAN uniquement. Dans le cas d'une application ONAF (refroidissement interne par circulation naturelle d'huile et refroidissement externe par circulation forcée d'air – *oil natural air forced*), OFAN (refroidissement interne par circulation forcée d'huile et refroidissement externe par circulation naturelle d'air – *oil forced air natural*) ou OFAF (refroidissement interne par circulation forcée d'huile et refroidissement externe par circulation forcée d'air – *oil forced air forced*), ils doivent être ajustés par des facteurs multiplicatifs, propres à chaque configuration.

6.2.1.2 Conditions d'essai de type

Les essais de dissipation thermique doivent être réalisés dans un environnement fermé et stable, dans un endroit adapté dans lequel la température ambiante reste stable, sans variation due à l'essai thermique lui-même ou à des conditions climatiques extérieures. Cette température ambiante doit être maintenue proche de $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Le rapport du volume d'huile chaude utilisé dans l'essai de dissipation thermique sur le volume du local où se déroule l'essai doit être supérieur à 1:100.

Les courbes de dissipation thermique spécifiques doivent être obtenues en soumettant à plusieurs essais les performances de refroidissement d'un radiateur particulier rempli d'huile minérale pour transformateur et fixé dans sa position verticale normale à une cuve de capacité d'huile, de dimensions et de dissipation thermique connues. La cuve doit être conçue de sorte que sa capacité de dissipation thermique n'ait aucun impact sur les caractéristiques de dissipation du radiateur (voir 6.2.1.5).

L'épaisseur de peinture du radiateur doit être de $120\text{ }\mu\text{m} \pm 10\text{ }\%$.

Les radiateurs soumis à l'essai doivent être de type FG. Les caractéristiques de dissipation des radiateurs de type FR doivent être calculées par interpolation.

Aucune autre condition d'essai n'est admise.

6.2.1.3 Valeurs et paramètres à mesurer

Pendant l'essai, les paramètres suivants doivent être mesurés:

- la température ambiante [T_{amb}]: définie comme étant la moyenne de trois températures de l'air mesurées par des couples thermoélectriques plongés dans l'huile et placés dans la position décrite à la Figure 5, à 2 m du sol et avec au moins 2 m d'espace libre autour d'eux;
- la température de l'huile du radiateur à l'entrée [$T_{i,huile}$]: température d'entrée de l'huile mesurée sur le radiateur à 50 mm de la bride d'admission, à l'aide d'un thermocouple placé sur la surface extérieure et bien isolé de l'environnement ambiant ou placé dans un logement de thermomètre;
- la température de l'huile du radiateur à la sortie [$T_{o,huile}$]: température de sortie de l'huile mesurée sur le radiateur à 50 mm de la bride de sortie, à l'aide d'un thermocouple placé sur la surface extérieure et bien isolé de l'environnement ambiant ou placé dans un logement de thermomètre;
- la température maximale de l'huile de la cuve [$T_{top,huile}$]: température mesurée au point le plus chaud de la cuve en haut de la cuve elle-même;
- échauffement maximal de l'huile [$\Delta T_{max,huile}$] = [$T_{top,huile}$] – [T_{amb}];
- échauffement moyen de l'huile [$\Delta T_{moy,huile}$] = (0,5 × ([$T_{i,huile}$] + [$T_{o,huile}$])) – [T_{amb}];
- capacité de refroidissement total [q_{TOT}]: équivaut à la puissance totale générée par les résistances électriques plongées dans l'huile à l'intérieur de la cuve;
- capacité de refroidissement de la cuve [q_t]: chaleur dissipée par la cuve uniquement, sans radiateur;
- capacité de refroidissement du radiateur [q_{rad}] = [q_{TOT}] – [q_t], exprimée en kW.

Toutes les valeurs ci-dessus doivent être mesurées dans les conditions d'essai décrites en 6.2.1.2.

6.2.1.4 Caractéristiques de l'instrument et exigences

Le système de collecte des données doit présenter les caractéristiques suivantes:

- système de collecte automatique des données de température;
- thermocouple avec une plage de fonctionnement comprise entre -10 °C et +300 °C;
- système de surveillance de la puissance électrique de la résistance plongée dans l'huile.

La résolution minimale du système de collecte des données de température doit être de 0,1 °C, à ±1,5 % près.

La seule source de chaleur admise est constituée par des lots de résistances électriques plongées dans l'huile avec un système de régulation continue de la puissance d'entrée.

Tous les instruments doivent être étalonnés et certifiés.

6.2.1.5 Caractéristiques de la cuve utilisée pour les essais de dissipation

La cuve doit être équipée d'un conservateur visant à compenser la dilatation de l'huile. La forme de la cuve doit permettre de garantir une répartition uniforme de la température dans toutes les zones. Une forme cylindrique est la solution préférentielle.

La cuve doit être suffisamment large pour assurer un rapport minimal de 1:10 entre le volume d'huile de la cuve et le plus gros radiateur soumis aux essais. Elle doit également être suffisamment haute pour permettre le montage du plus gros radiateur en essai.

Pour assurer une bonne répartition de la température à l'intérieur de la cuve, une étude de température doit être réalisée pendant l'essai d'échauffement de la cuve seule.

La position de la résistance à l'intérieur de la cuve doit être ajustable, rendant possible la modification du paramètre DH .

La cuve doit être isolée pour fournir une émission maximale de $1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Il n'est pas exigé d'isoler le conservateur. La Figure 5 présente un montage d'essai classique.

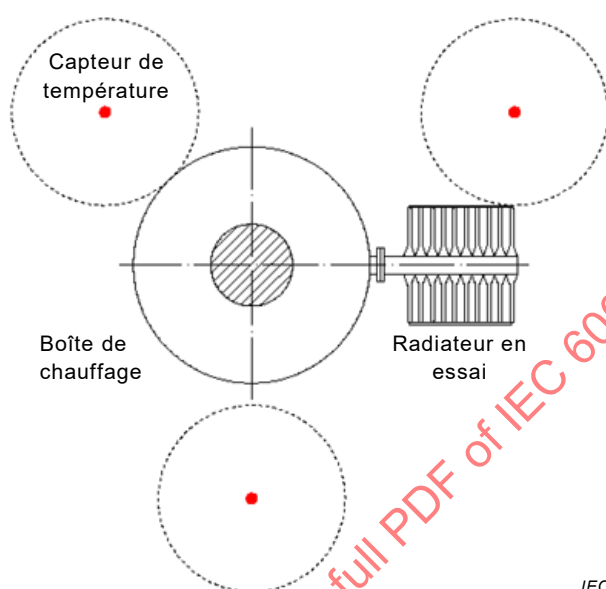


Figure 5 – Montage d'essai

6.2.1.6 Méthode d'essai de dissipation

6.2.1.6.1 Essai de dissipation de la cuve

Il convient que le processus de chauffage de la cuve s'effectue en augmentant la puissance d'alimentation des résistances afin d'atteindre au moins trois échauffements différents (60 K, 50 K et 40 K).

Les valeurs de l'échauffement de l'huile supérieure et de l'échauffement moyen de l'huile doivent être consignées toutes les 30 min au moins. Si la vitesse de variation de l'échauffement de l'huile supérieure devient inférieure à 0,5 K/h et qu'elle reste à cette valeur pendant 4 h, la cuve est considérée comme ayant atteint la stabilité thermique. Les trois valeurs de puissance (kW) correspondant aux trois températures différentes doivent être consignées.

Le fabricant doit indiquer les paramètres suivants dans son rapport:

- la dimension, la capacité en huile et la surface de la cuve;
- les caractéristiques d'isolation de la cuve;
- le type d'huile et ses caractéristiques;
- l'échauffement de l'huile supérieure et l'échauffement moyen de l'huile pour chaque puissance électrique spécifique dissipée.

D'autres valeurs de dissipation thermique de la cuve (kW) correspondant à un échauffement différent de l'huile peuvent être calculées par interpolation.

6.2.1.6.2 Essai de dissipation des radiateurs

Chaque essai de dissipation doit être réalisé en ne modifiant qu'un seul paramètre à la fois, à savoir:

- le nombre d'éléments: N ;
- la différence entre l'axe du radiateur et l'axe de la partie active: DH ;
- la distance entre deux radiateurs, qui est le pas entre les radiateurs: P .

La distance entre le premier élément et la cuve d'essai doit être de 300 mm.

Pour chaque essai de dissipation, un rapport doit être rédigé avec les paramètres suivants:

- les caractéristiques du radiateur (capacité en huile, surface, poids, hauteur, nombre d'éléments);
- le type d'huile et ses caractéristiques;
- l'échauffement de l'huile supérieure et l'échauffement moyen de l'huile pour chaque puissance électrique spécifique dissipée;
- DH (différence entre les axes).

L'essai doit être réalisé comme suit:

Démarrer l'essai de dissipation en mettant sous tension la résistance à l'intérieur de la cuve d'essai. La puissance d'alimentation en kW doit être comparable aux dissipations prévues du radiateur et de la cuve à l'échauffement exigé.

Attendre la stabilité thermique, puis ajuster la puissance d'entrée afin d'atteindre l'échauffement exigé.

Lorsque la vitesse de variation de l'échauffement de l'huile supérieure devient inférieure à 0,5 K/h et qu'elle reste à cette valeur pendant 4 h, la cuve est considérée comme ayant atteint la stabilité. À ce stade, l'essai est terminé.

La dissipation spécifique du radiateur à un certain échauffement est calculée en déduisant la dissipation de la cuve au même échauffement des pertes totales mesurées pendant l'essai.

Le fabricant doit mener ces essais pour au moins quatre hauteurs de radiateur (800 mm, 1 600 mm, 2 400 mm et 3 200 mm, par exemple), avec une condition $DH = 0$, aucun autre radiateur à proximité et avec un certain nombre d'éléments qu'il aura choisis (20 éléments, par exemple).

Les essais décrits ci-dessus réalisés sur quatre radiateurs doivent l'être aux trois valeurs d'échauffement moyen de l'huile (60 K, 50 K et 40 K).

6.2.1.6.3 Etablissement du schéma KDH

Les quatre mêmes radiateurs utilisés pour les essais ci-dessus doivent l'être en ajustant la hauteur de la résistance à l'intérieur de la cuve d'essai afin de modifier la valeur de DH : au moins trois positions différentes de la résistance doivent être soumises à essai aux trois valeurs d'échauffement différentes (60 K, 50 K et 40 K) pour chaque radiateur. Par exemple: 350 mm, 700 mm, 1 000 mm. Les différentes positions doivent varier d'au moins 300 mm.

6.2.1.6.4 Etablissement du schéma KN

Trois essais doivent être réalisés avec un nombre différent d'éléments pour chaque hauteur de radiateur et pour les trois valeurs d'échauffement ci-dessus (60 K, 50 K et 40 K). Le nombre d'éléments doit varier par incréments de 10 (5, 15, 25 éléments, par exemple).

6.2.1.6.5 Etablissement du schéma *KP*

Trois essais de dissipation pour chaque hauteur de radiateur (quatre radiateurs) et pour les trois valeurs d'échauffement (60 K, 50 K et 40 K) doivent être réalisés à l'aide de panneaux d'isolation thermique placés sur les deux côtés du radiateur, afin de simuler la proximité d'autres radiateurs. La hauteur des panneaux doit être égale à celle du radiateur soumis à essai, et leur conductivité thermique être inférieure à $1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Il convient de réaliser chaque essai en faisant varier la distance des panneaux d'au moins 100 mm (50 mm, 150 mm, 250 mm, par exemple) par rapport au radiateur soumis à essai.

6.2.1.6.6 Résultats

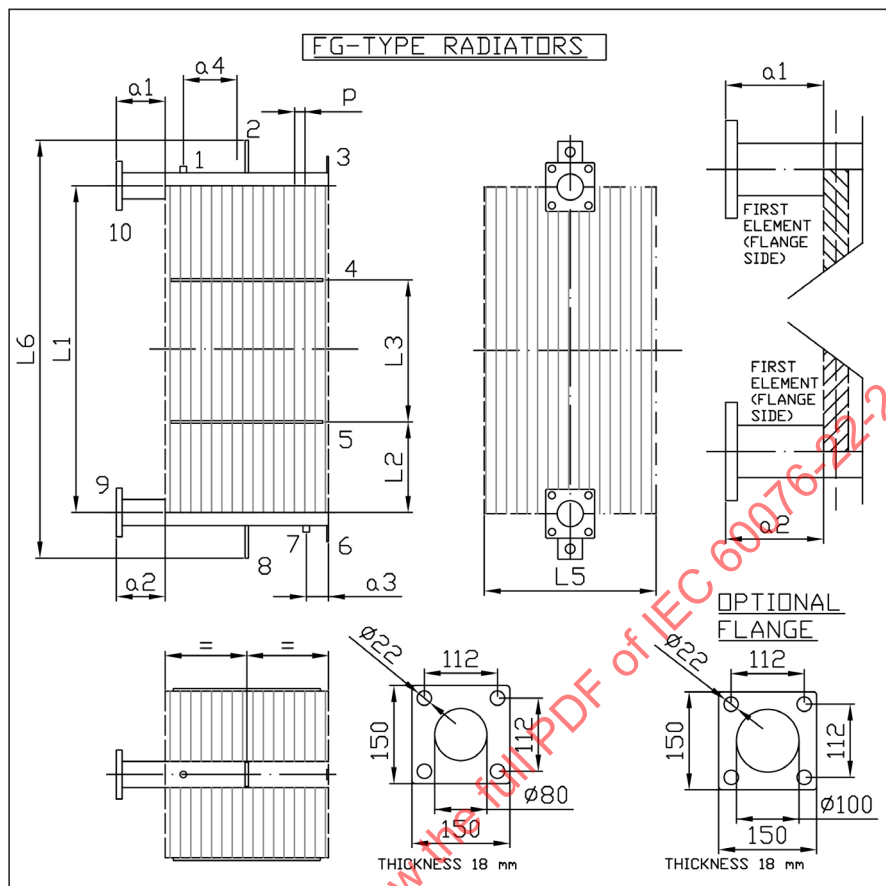
Les coefficients et les valeurs de dissipation correspondant à différents échauffements, différentes hauteurs de radiateur, et à différents nombres d'éléments et d'entre-axes sont déterminés par interpolation des valeurs mesurées.

6.2.2 Essai de type de résistance au vide

Le radiateur doit être soumis à une pression absolue interne de 200 Pa, puis fermé hermétiquement. Au bout de 6 h, la pression absolue interne ne doit pas dépasser 500 Pa. À la fin de l'essai, le radiateur étant ouvert et à pression ambiante, aucune déformation permanente ne doit être observée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

7 Dimensions et plans



DIMENSIONS	STAMPED PLATES RADIATORS		PIPES RADIATORS	
	VALUES	TOLERANCES	VALUES	TOLERANCES
Ntot (number of elements)	1..34	0	1..34	0
L1	800..3500 mm	+/- 2 mm	800..3500 mm	+/- 2 mm
L2	800..1500 1600..2500 2600..3500	+/- 2 mm	800..1300 1300..2100 2100..3500	+/- 2 mm
Stiffening numbers	1 2 3	0	1 2 3	
L3	800..1600 1600..2500 2500..3500	+/- 2 mm	800..1600 1600..2500 2500..3500	+/- 2 mm
Stiffening numbers	0 2 3		0 2 3	
L5	520	+5 / - 10 mm	510	+/- 5 mm
L6	L1+320 mm	+/- 5 mm	L1+320 mm	+/- 5 mm
a1	50..280 mm	+/- 2 mm	50..280 mm	+/- 2 mm
a2	50..280 mm	+/- 2 mm	50..280 mm	+/- 2 mm
a3	30..100 mm	+/- 2 mm	30..100 mm	+/- 2 mm
a4	30..100 mm	+/- 2 mm	30..100 mm	+/- 2 mm
p (Distance between elements)	45 mm	+/- 2 mm	50 mm	+/- 2 mm

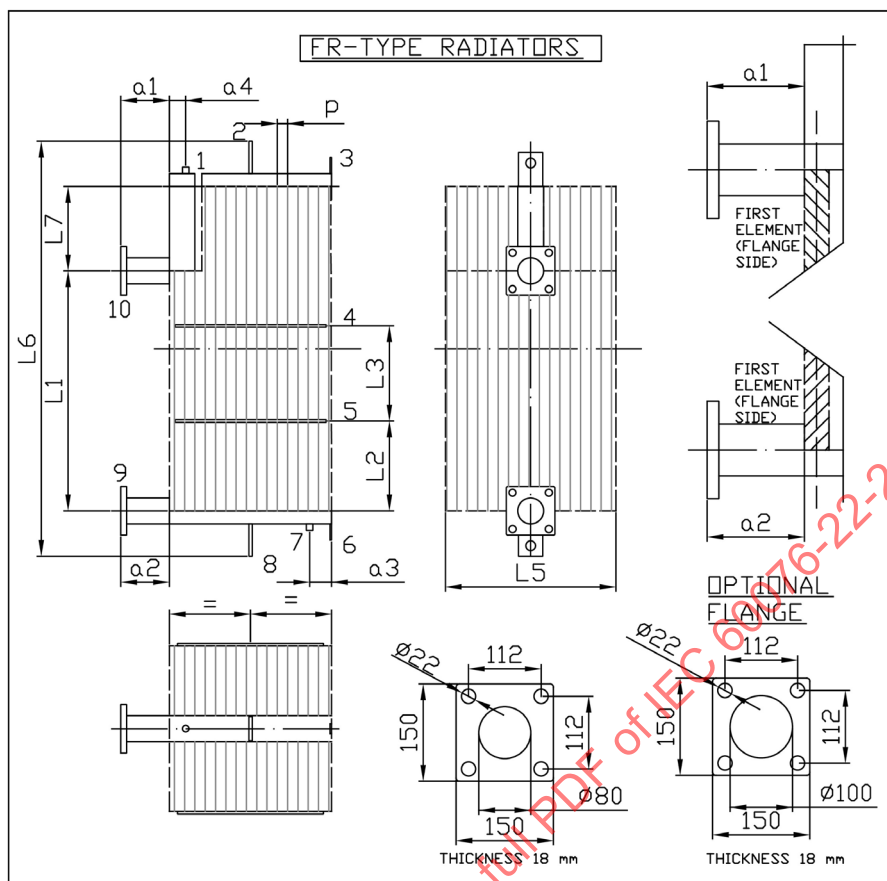
Légende

- 1 Dégazage
- 2 Cœillet de levage
- 3 Plaque de fixation
- 4 Raidisseur
- 5 Raidisseur
- 6 Plaque de fixation
- 7 Bouchon de vidange
- 8 Cœillet de levage
- 9 Bride
- 10 Bride

Anglais	Français
FG-TYPE RADIATORS	RADIATEURS DE TYPE FG
OPTIONAL FLANGE	BRIDE FACULTATIVE
FIRST ELEMENT (FLANGE SIDE)	PREMIER ÉLÉMENT (CÔTÉ BRIDE)
THICKNESS 18 MM	ÉPAISSEUR 18 MM
DIMENSIONS	DIMENSIONS
N_{tot} (number of elements)	N_{tot} (nombre d'éléments)
Stiffening numbers	Nombres de raidisseurs
p (distance between elements)	p (distance entre les éléments)
STAMPED PLATES RADIATORS	RADIATEURS EN TÔLES EMBOUTIES
VALUES	VALEURS
TOLERANCES	TOLÉRANCES
PIPES RADIATORS	RADIATEURS EN TUBES

Figure 6 – Type FG

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019



DIMENSIONS	STAMPED PLATES RADIATORS			PIPES RADIATORS		
	VALUES		TOLERANCES	VALUES		TOLERANCES
Ntot (number of elements)	1..34		0	1..34		0
L1	800..3500 mm		+/- 2 mm	800..3500 mm		+/- 2 mm
L2	800..1500	1600..2500	2600..3500	800..1300	1300..2100	2100..3500
Stiffening numbers	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$	$\frac{1}{2} L1$
L3	800..1600		1600..2500	2500..3500	800..1600	
Stiffening numbers	0	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$	0	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$	$\frac{1}{2}(L1 + L7)$
L5	520		+5 / - 10 mm	510		+/- 5 mm
L6	$(L1+L7)+320$ mm		+/- 5 mm	$(L1+L7)+320$ mm		+/- 5 mm
L7	100..600 mm		+/- 2 mm	100..1000 mm		+/- 2 mm
a1	50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm		+/- 2 mm
a2	50..280 mm		+/- 2 mm	50..280 mm		+/- 2 mm
a3	30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm		+/- 2 mm
a4	30..100 mm		+/- 2 mm	30..100 mm		+/- 2 mm
p (Distance between elements)	45 mm		+/- 2 mm	50 mm		+/- 2 mm

Légende

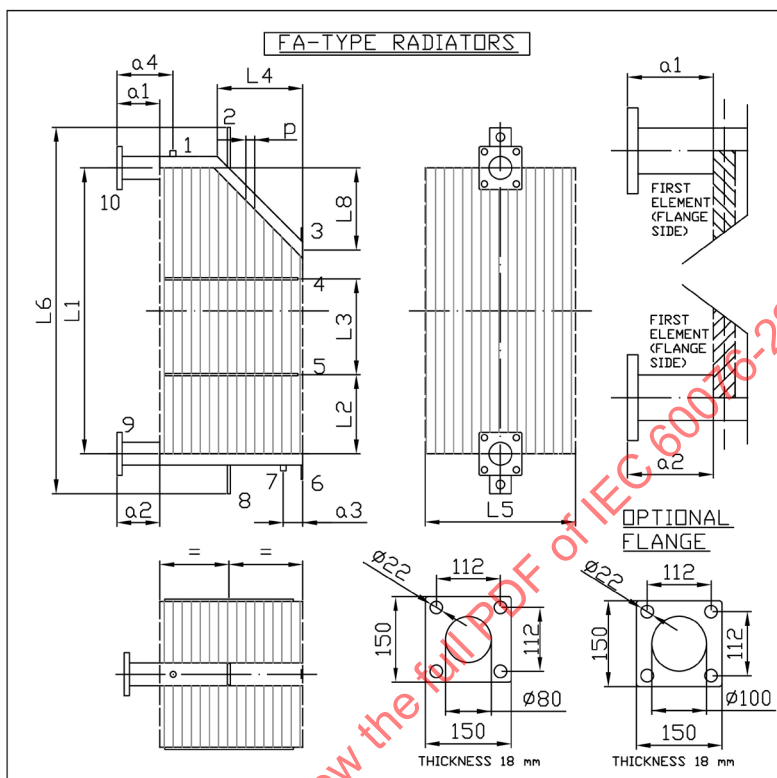
- 1 Dégazage
- 2 Œillet de levage
- 3 Plaque de fixation
- 4 Raidisseur
- 5 Raidisseur
- 6 Plaque de fixation
- 7 Bouchon de vidange
- 8 Œillet de levage
- 9 Bride
- 10 Bride

Anglais	Français
FR-TYPE RADIATORS	RADIATEURS DE TYPE FR
OPTIONAL FLANGE	BRIDE FACULTATIVE
FIRST ELEMENT (FLANGE SIDE)	PREMIER ÉLÉMENT (CÔTÉ BRIDE)
THICKNESS 18 MM	ÉPAISSEUR 18 MM
DIMENSIONS	DIMENSIONS
Stiffening numbers	Nombres de raidisseurs
N_{tot} (number of elements)	N_{tot} (nombre d'éléments)
p (distance between elements)	p (distance entre les éléments)
STAMPED PLATES RADIATORS	RADIATEURS EN TÔLES EMBOUTIES
VALUES	VALEURS
TOLERANCES	TOLÉRANCES
PIPES RADIATORS	RADIATEURS EN TUBES

Figure 7 – Type FR

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-2:2019

Autres conceptions de radiateur – Dimensions et plans



		STAMPED PLATES RADIATORS			PIPES RADIATORS					
DIMENSIONS		VALUES		TOLERANCES	VALUES			TOLERANCES		
Ntot (number of elements)		1.34		0	1.34			0		
Npar (number of inclined elements)		1.34		0	1.34			0		
L1		800.3500 mm		+/- 2 mm	800.3500 mm			+/- 2 mm		
L2		800.1500	1600.2500	2600.3500	+/- 2 mm	800.1300	1300.2100	2100.3500	+/- 2 mm	
Stiffening numbers		$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1		$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1		
		1	2	3	0	1	2	3		
L3		800.1600		1600.2500	2500.3500	+/- 2 mm	800.1600	1600.2500	2500.3500	+/- 2 mm
Stiffening numbers		0	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1		0	$\frac{1}{2}$ L1	$\frac{1}{2}$ L1		
		0	2	3		0	2	3		
L4		0. . (p Ntot)			+/- 2 mm	0. . (p Ntot)			+/- 2 mm	
L5		520		+5 / - 10 mm		510			+/- 5 mm	
L6		L1+320 mm		+/- 5 mm		L1+320 mm			+/- 5 mm	
L8		0.L4		+/- 2 mm		0.L4			+/- 2 mm	
a1		50.280 mm		+/- 2 mm		50.280 mm			+/- 2 mm	
a2		50.280 mm		+/- 2 mm		50.280 mm			+/- 2 mm	
a3		30.100 mm		+/- 2 mm		30.100 mm			+/- 2 mm	
a4		30.100 mm		+/- 2 mm		30.100 mm			+/- 2 mm	
p (Distance between elements)		45 mm		+/- 2 mm		50 mm			+/- 2 mm	

1	Dégazage
2	Œillet de levage
3	Plaque de fixation
4	Raidisseur
5	Raidisseur
6	Plaque de fixation
7	Bouchon de vidange
8	Œillet de levage
9	Bride
10	Bride