

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts

Calcul des paramètres effectifs des pièces magnétiques

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60205:2006+AMD1:2009 CSV



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts

Calcul des paramètres effectifs des pièces magnétiques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Basic rules.....	5
3 Formulae for the various types of cores.....	6
3.1 Ring cores.....	6
3.2 Pair of U-cores of rectangular section	7
3.3 Pair of U-cores of rounded section	7
3.4 Pair of E-cores of rectangular section	9
3.5 Pair of ETD/EER-cores	10
3.6 Pair of pot-cores	11
3.7 Pair of RM-cores	13
3.8 Pair of EP-cores	16
3.9 Pair of PM-cores.....	17
3.10 Pair of EL-cores.....	19
3.11 Pair of ER-cores (low profile)	21
3.12 Pair of PQ-cores.....	23
3.13 Pair of EFD-cores.....	26
3.14 Pair of E planar-cores.....	27
Annex A (informative) Purpose of revision.....	30

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CALCULATION OF THE EFFECTIVE PARAMETERS
OF MAGNETIC PIECE PARTS**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60205 has been prepared by IEC technical committee 51: Magnetic components and ferrite materials.

This consolidated version of IEC 60205 consists of the third edition (2006) [documents 51/848/FDIS and 51/857/RVD] and its amendment 1 (2009) [documents 51/928A/CDV and 51/940/RVC].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 3.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

- a) unit of angles through the text are described by using “radian”;
- b) new words are added in 2.1 “All angles are in radians”;
- c) replacement, Clause 3.9, of the equation $\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln d_2 g / d_3}{D\pi(h_1 - h_2)}$ by $\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln d_2 g / d_3}{D\pi(h_1 - h_2)/2}$;
- d) new cores “EL, ER, PQ, EFD and E planar” are added in this edition.

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

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60205:2006+AMD1:2009 CSV
 Withdrawn

CALCULATION OF THE EFFECTIVE PARAMETERS OF MAGNETIC PIECE PARTS

1 Scope

This International Standard lays down uniform rules for the calculation of the effective parameters of closed circuits of ferromagnetic material.

2 Basic rules

The following basic rules are applicable to this standard.

2.1 All results shall be expressed in units based on the millimetre, shall be accurate to three significant figures, but to derive l_e , A_e , and V_e the values of C_1 and C_2 shall be calculated to five significant figures. All angles are in radians.

NOTE The purpose of specifying this degree of accuracy is only to ensure that parameters calculated at different establishments are identical and it is not intended to imply that the parameters are capable of being determined to this accuracy.

2.2 $A_{\min}$ is the nominal value of the smallest cross-section. All the dimensions used to calculate $A_{\min}$ shall be the mean values between the tolerance limits quoted on the appropriate piece part drawing.

2.3 Calculations are only applicable to the component parts of a closed magnetic circuit.

2.4 All dimensions used for the purpose of calculations shall be the mean value within the tolerance limits quoted on the appropriate piece part drawing.

2.5 All irregularities in the outline of the core, such as small cut-outs, notches, chamfers, etc. shall be ignored unless otherwise described.

2.6 When the calculation involves the sharp corner of a piece part, then the mean length of flux path for that corner shall be taken as the mean circular path joining the centres of area of the two adjacent uniform sections, and the cross-sectional area associated with that length shall be taken as the average area of the two adjacent uniform sections.

Calculation of effective parameters l_e , A_e and V_e .

The effective parameters can be defined as

$$l_e = C_1^2 / C_2 \quad A_e = C_1 / C_2 \quad V_e = l_e A_e = C_1^3 / C_2^2$$

where

l_e is the effective magnetic length of the core (mm);

A_e is the effective cross-sectional area (mm²);

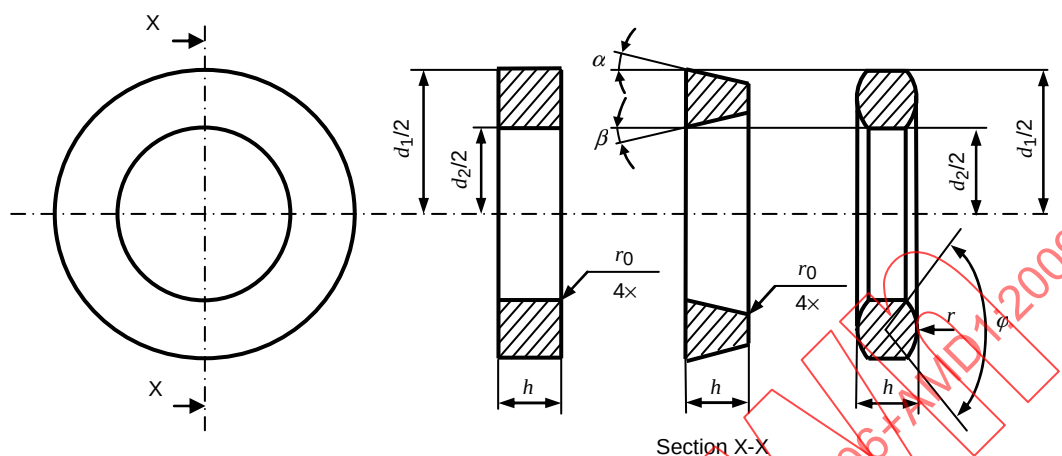
V_e is the effective volume (mm³);

C_1 is the core constant (mm⁻¹);

C_2 is the core constant (mm⁻³).

3 Formulae for the various types of cores

3.1 Ring cores



IEC 584/06

$$C_1 = \frac{2\pi}{h_e \ln(d_1/d_2)}$$

$$C_2 = \frac{4\pi(1/d_2 - 1/d_1)}{h_e^2 \ln^3(d_1/d_2)}$$

3.1.1 For ring cores of rectangular cross-section with sharp corners

$$h_e = h$$

3.1.2 For ring cores of rectangular cross-section with an appreciable average rounding radius r_0

$$h_e = h(1 - k_1) \quad k_1 = \frac{1,7168r_0^2}{h(d_1 - d_2)}$$

3.1.3 For ring cores of trapezoidal cross-section with sharp corners

$$h_e = h(1 - k_2) \quad k_2 = \frac{h(\tan \alpha + \tan \beta)}{d_1 - d_2}$$

3.1.4 For ring cores of trapezoidal cross-section with an appreciable average rounding radius r_0

$$h_e = (1 - k_1 - k_2)$$

3.1.5 For ring cores of cross-section with circular arc frontal sides

$$h_e = h - \frac{d_1 - d_2}{4\sin^2(\varphi/2)} \left(2\sin \frac{\varphi}{2} - \frac{\sin \varphi}{2} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

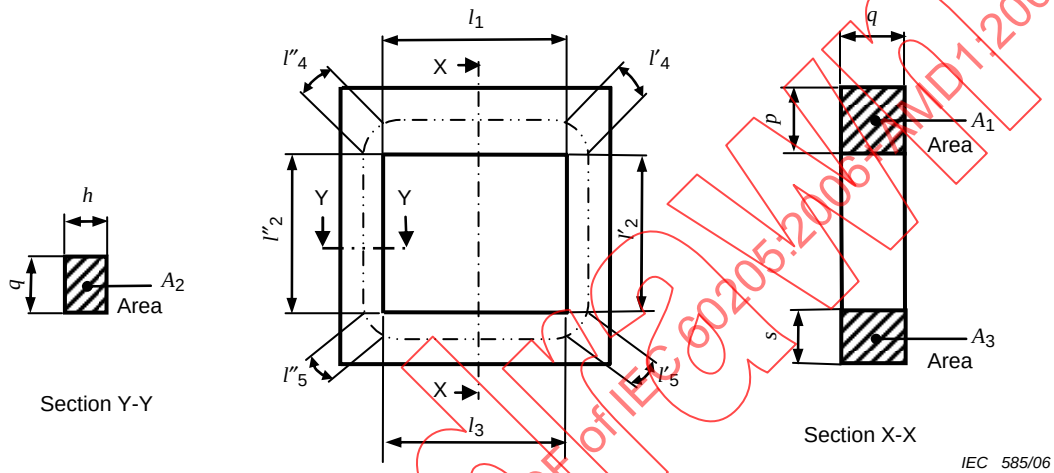
$$\varphi = 2 \arcsin \frac{d_1 - d_2}{4r}$$

NOTE When the winding is uniformly distributed over a ring core, it may be expected that, at all points inside the ring core, the flux lines will be parallel to its surface.

No leakage flux will therefore leave or enter the ring core. This justifies the use of a theoretically more correct derivation of the effective parameters which does not make use of the assumption that the flux is uniformly distributed over the cross-section.

3.2 Pair of U-cores of rectangular section

NOTE U + PLT (Plate)-cores use U core formulas.



Length of flux path associated with area A_2 :

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

Mean length of flux paths at corners:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4}(p + h)$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}(s + h)$$

Mean areas associated with l_4 and l_5 :

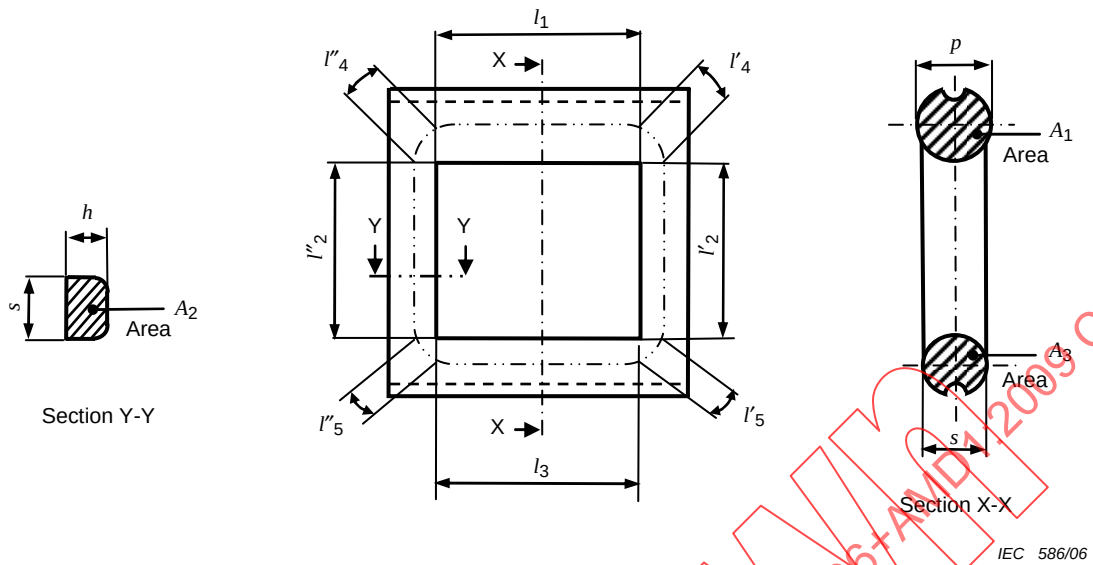
$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.3 Pair of U-cores of rounded section

NOTE U + PLT (Plate)-cores use U core formulas.



In calculating A_2 ignore any ridges introduced for the purpose of facilitating manufacture.

Length of flux path associated with area A_2 :

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

Mean length of flux path at corners:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4}(p + h)$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}(s + h)$$

Mean areas associated with l_4 and l_5 :

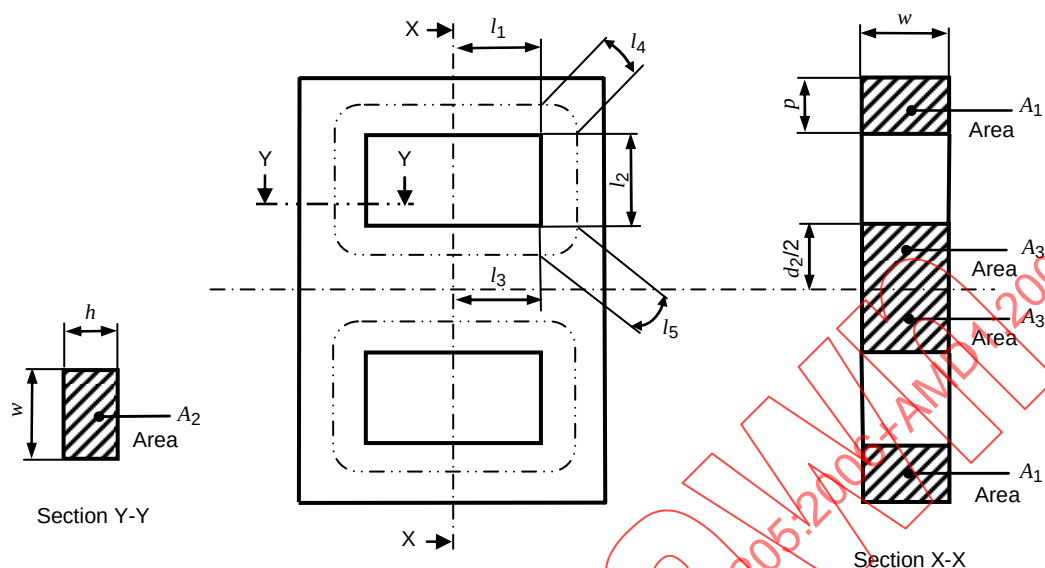
$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.4 Pair of E-cores of rectangular section

NOTE E + I (Plate)-cores use E core formulas.



IEC 587/06

Area of half the centre limb: A_3

Mean length of flux paths at corners:

$$l_4 = \frac{\pi}{8}(p+h)$$

$$l_5 = \frac{\pi}{8}\left(\frac{d_2}{2} + h\right)$$

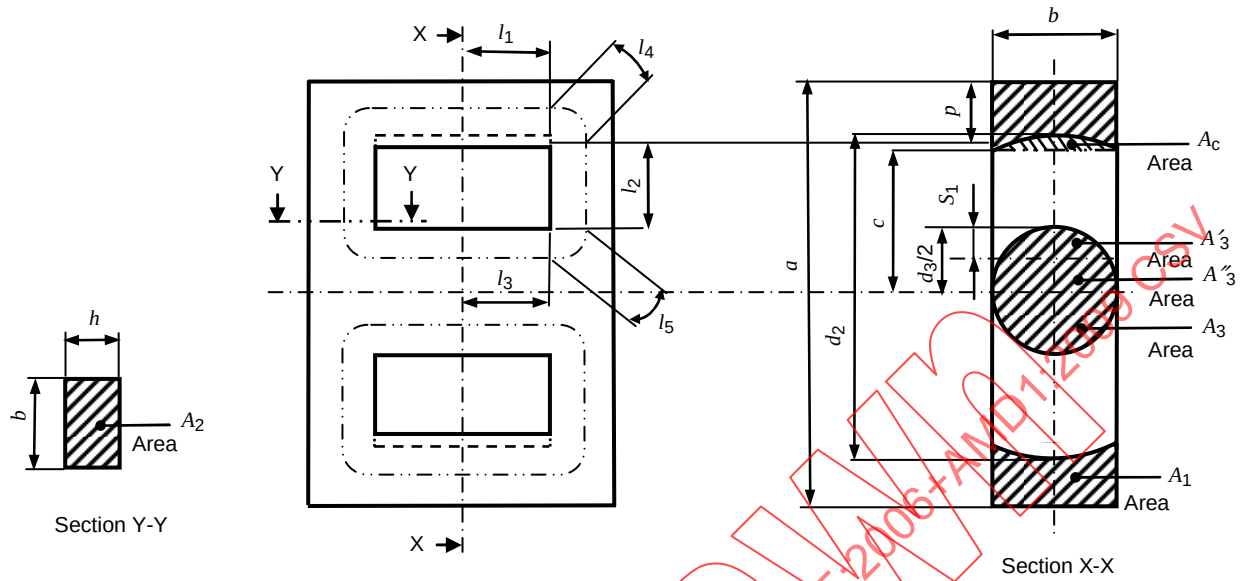
Mean areas associated with l_4 and l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

3.5 Pair of ETD/EER-cores



IEC 588/06

A_1 is equal to the rectangle $b\left(\frac{1}{2}a - c\right)$ less the cap or segment A_c .

$$A_c = \frac{1}{4}d_2^2 \arcsin\left(\frac{b}{d_2}\right) - \frac{1}{4}b\sqrt{d_2^2 - b^2}$$

$$A_1 = \frac{1}{2}ab - \frac{1}{4}b\sqrt{d_2^2 - b^2} - \frac{1}{4}d_2^2 \arcsin\left(\frac{b}{d_2}\right)$$

Mean length of flux path at back walls:

$$l_2 = \frac{1}{4}\left(d_2 + \sqrt{d_2^2 - b^2}\right) - \frac{d_3}{2}$$

NOTE l_2 is taken from the mean value of $\frac{1}{2}(d_2 - d_3)$ and $(c - d_3/2)$.

Area of half the centre limb:

$$A_3 = A'_3 + A''_3$$

The condition to obtain $A'_3 = A''_3$ is

$$S_1 = 0,2980d_3$$

Mean length of flux path at corners:

$$l_4 = \frac{\pi}{8}(p + h)$$

where $p = \frac{a}{2} - l_2 - \frac{d_3}{2}$

$$l_5 = \frac{\pi}{8}(2S_1 + h)$$

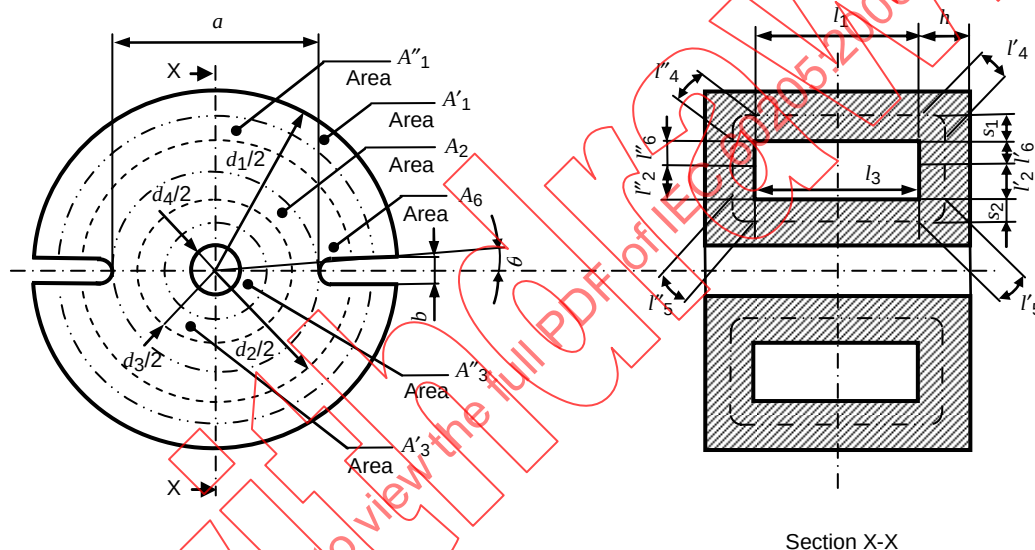
Mean areas associated with l_4 and l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

3.6 Pair of pot-cores



IEC 589/06

Area of outer ring:

$$A_1 = A'_1 + A''_1$$

The condition to obtain $A'_1 = A''_1$ is

$$S_1 = -\frac{d_2}{2} + \sqrt{\frac{1}{8}(d_1^2 + d_2^2)}$$

Area of centre limb:

$$A_3 = A'_3 + A''_3$$

The condition to obtain $A'_3 = A''_3$ is

$$S_2 = \frac{d_3}{2} - \sqrt{\frac{1}{8}(d_3^2 + d_4^2)}$$

Area of ring:

$$A_1 = \frac{1}{4}(\pi - n\theta)(d_1^2 - d_2^2)$$

$$\theta = \arcsin \frac{2b}{d_1 + d_2}$$

where

b is the slot width;

n is the number of slots.

Core factors associated with l_2 :

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{1}{\pi h} \ln \frac{a}{d_3}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{a - d_3}{\pi^2 a d_3 h^2}$$

Area of centre limb:

$$A_3 = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_4^2)$$

Mean length of flux paths at corners:

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4}(2S_1 + h)$$

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4}(2S_2 + h)$$

Areas associated with l_4 and l_5 :

$$A_4 = \frac{1}{8}(\pi - n\theta)(d_1^2 - d_2^2) + \frac{\pi}{2}d_2h$$

$$A_5 = \frac{\pi}{8}(d_3^2 - d_4^2 + 4d_3h)$$

Core factors associated with l_6 :

$$\frac{l_6}{A_6} = \frac{1}{(\pi - n\theta)h} \ln \frac{d_2}{a}$$

$$\frac{l_6}{A_6^2} = \frac{d_2 - a}{ad_2(\pi - n\theta)^2 h^2}$$

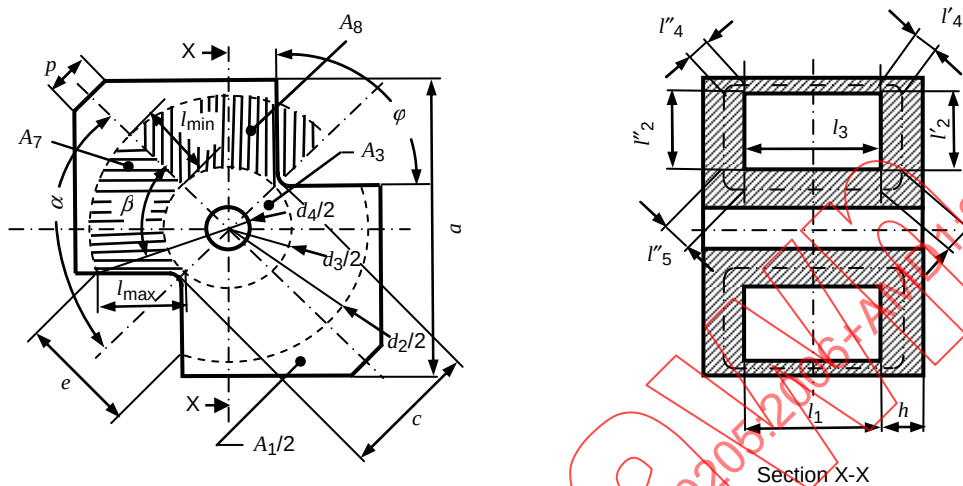
$$C_1 = \sum_{i=1}^6 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^6 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.7 Pair of RM-cores

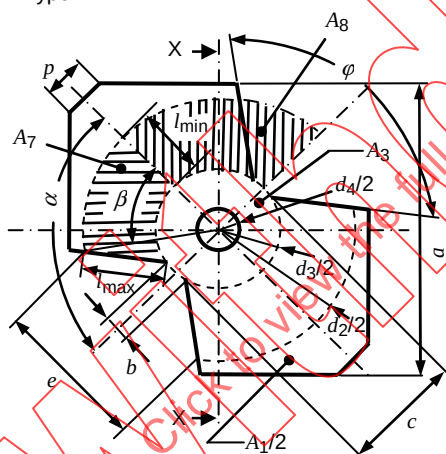
NOTE 1 This calculation is also applicable to the core type without hole.

NOTE 2 RM + I (Plate)-cores use RM core formulas.

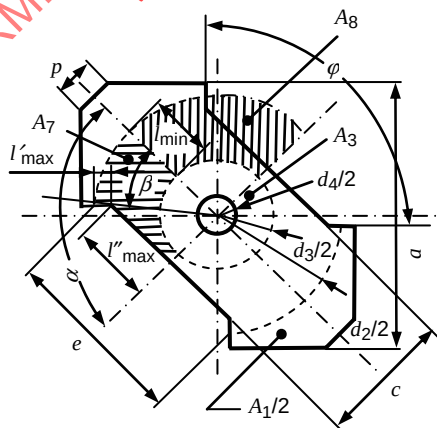
Type 1 – RM6–S, RM6–R



Type 2 – RM7



Type 3 – RM4, RM5, RM8, RM10, RM12, RM14



$$l_{\max} = l'_{\max} + l''_{\max}$$

Total area of the outer leg:

$$A_1 = \frac{1}{2} a^2 \left\{ 1 + \tan \left(\beta - \frac{\pi}{4} \right) \right\} - \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{1}{2} p^2$$

where $\beta = \alpha - \arcsin \frac{e}{d_2}$

Core factors associated with l_2 :

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln \frac{d_2}{d_3} f}{D \pi h}$$

where $f = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2 l_{\min}}$, $D = \frac{A_7}{A_8}$

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{(1/d_3 - 1/d_2) f}{(D \pi h)^2}$$

Type 1:

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4} (d_2^2 + d_3^2)} - \frac{1}{2} d_2 d_3 \cos(\alpha - \beta)$$

Type 2:

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4} (d_2^2 + d_3^2)} - \frac{1}{2} d_2 d_3 \cos(\alpha - \beta) - \frac{b}{2 \sin \frac{\varphi}{2}}$$

Type 3:

$$l_{\max} = \frac{e}{2} + \frac{1}{2} \left(1 - \sin \frac{\varphi}{2} \right) (d_2 - c)$$

Type 1: RM 6-S:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 + \frac{1}{2} e^2 \tan \beta - \frac{1}{2} e^2 \tan \left(\alpha - \frac{\varphi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_3^2 \right\}$$

Type 1: RM 6-R:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 + \frac{1}{2} d_2 d_3 \sin(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} (c - d_3)^2 \tan \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{4} d_3^2 \right\}$$

Type 2:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{\pi}{4} d_3^2 + \frac{1}{2} (b^2 - e^2) \tan \left(\alpha - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{1}{2} e^2 \tan \beta \right\}$$

Type 3:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{\pi}{4} d_3^2 + \frac{1}{2} c^2 \tan(\alpha - \beta) \right\}$$

$$A_8 = \frac{\alpha}{8} (d_2^2 - d_3^2)$$

Area of centre pole:

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_4^2)$$

Mean length of flux paths at corners and mean areas associated with these:

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4} \left(h + \frac{1}{2} a - \frac{1}{2} d_2 \right)$$

$$A_4 = \frac{1}{2} (A_1 + 2\beta d_2 h)$$

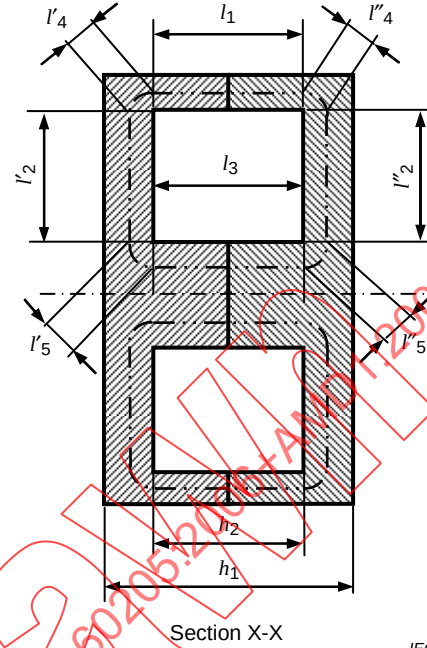
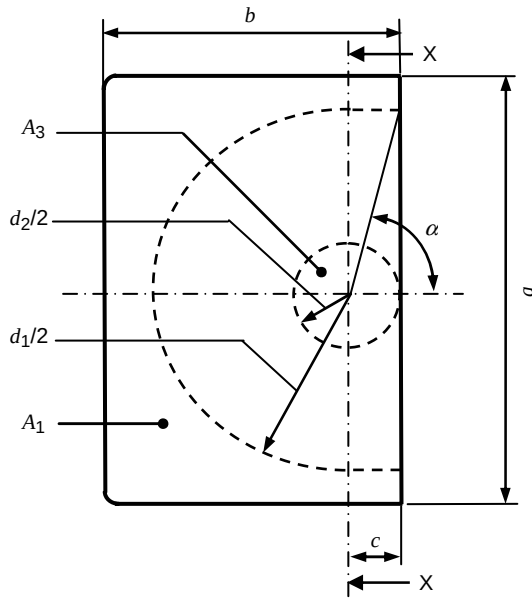
$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4} \left\{ d_3 + h - \sqrt{\frac{1}{2} (d_3^2 + d_4^2)} \right\}$$

$$A_5 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_4^2) + 2\alpha d_3 h \right\}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

NOTE This calculation ignores the effect of spring recesses and stud recesses. These may have some influence on the outcome of the calculation, especially for smaller cores.

3.8 Pair of EP-cores



IEC 591/06

As a pair:

$$\frac{l_1}{A_1} = \frac{h_2}{ab - \pi d_1^2 / 8 - d_1 d_2 / 2}$$

$$\frac{l_1}{A_1^2} = \frac{h_2}{(ab - \pi d_1^2 / 8 - d_1 d_2 / 2)^2}$$

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{2}{(\pi - \alpha)(h_1 - h_2)} \ln \frac{d_1}{d_2}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{4(d_1 - d_2)}{(\pi - \alpha)^2 (h_1 - h_2)^2 d_1 d_2}$$

$$\frac{l_3}{A_3} = \frac{h_2}{\pi \left(\frac{d_2}{2} \right)^2} = \frac{4h_2}{\pi d_2^2}$$

$$\frac{l_3}{A_3^2} = \frac{h_2}{\pi^2 \left(\frac{d_2}{2} \right)^4} = \frac{16h_2}{\pi^2 d_2^4}$$

Areas associated with l_4 and l_5 :

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{2} \left(\gamma - \frac{d_1}{2} + \frac{h_1 - h_2}{4} \right)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{(\pi - \alpha)d_1^2 + 2(ab - \pi d_1^2/8 - d_1d_2/2)}{4(\pi - \alpha)}}$$

where γ is a hypothetical radius bisecting the cross-sectional area of the ring.

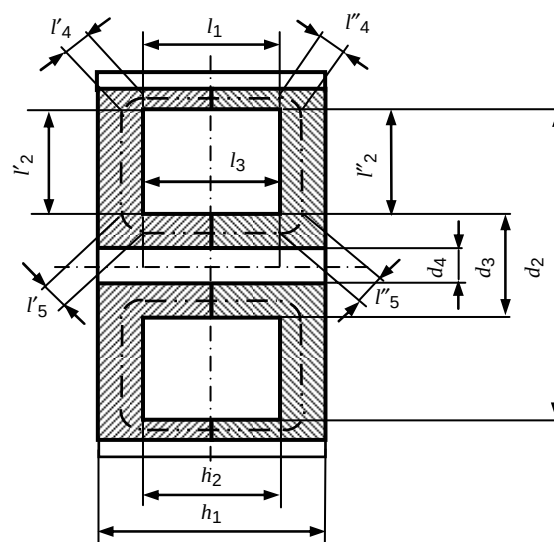
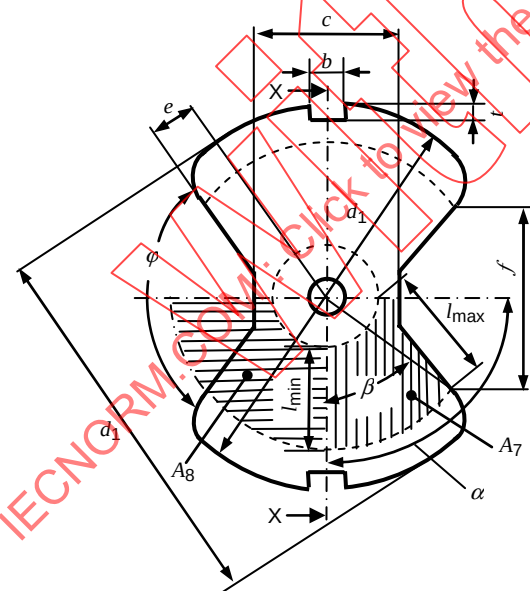
$$A_4 = \frac{1}{2} \left\{ ab - \frac{\pi}{8} d_1^2 - \frac{d_1 d_2}{2} + (\pi - \alpha) d_1 \left(\frac{h_1}{2} - \frac{h_2}{2} \right) \right\}$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{2} \left(0,29289 \frac{d_2}{2} + \frac{h_1 - h_2}{4} \right)$$

$$A_5 = \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{d_2^2}{4} + \frac{d_2}{2} (h_1 - h_2) \right\}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.9 Pair of PM-cores



Section X-X

IEC 592/06

Total area of the leg:

$$A_1 = \frac{\beta}{2}(d_1^2 - d_2^2) - 2bt$$

where $\beta = \alpha - \arcsin \frac{f}{d_2}$

Core factors associated with l_2 :

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln \frac{d_2}{d_3} g}{D\pi(h_1 - h_2)/2}$$

where $g = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2l_{\min}}$, $D = \frac{A_7}{A_8}$

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4}(d_2^2 + d_3^2) - \frac{1}{2}d_2d_3\cos(\alpha - \beta)}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{(1/d_3 - 1/d_2)g}{\{D\pi(h_1 - h_2)/2\}^2}$$

$$A_7 = \frac{\beta}{8}d_2^2 + \frac{1}{8}f^2\tan\beta - \frac{1}{8}f^2\tan\left(\alpha - \frac{\varphi}{2}\right) - \frac{\pi}{16}d_3^2$$

$$A_8 = \frac{\alpha}{8}(d_2^2 - d_3^2)$$

Area of centre limb:

$$A_3 = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_4^2)$$

Mean length of flux paths at corners and mean areas associated with these:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{8}(h_1 - h_2 + d_1 - d_2)$$

$$A_4 = \frac{1}{2}\{A_1 + 2\beta d_2(h_1 - h_2)\}$$

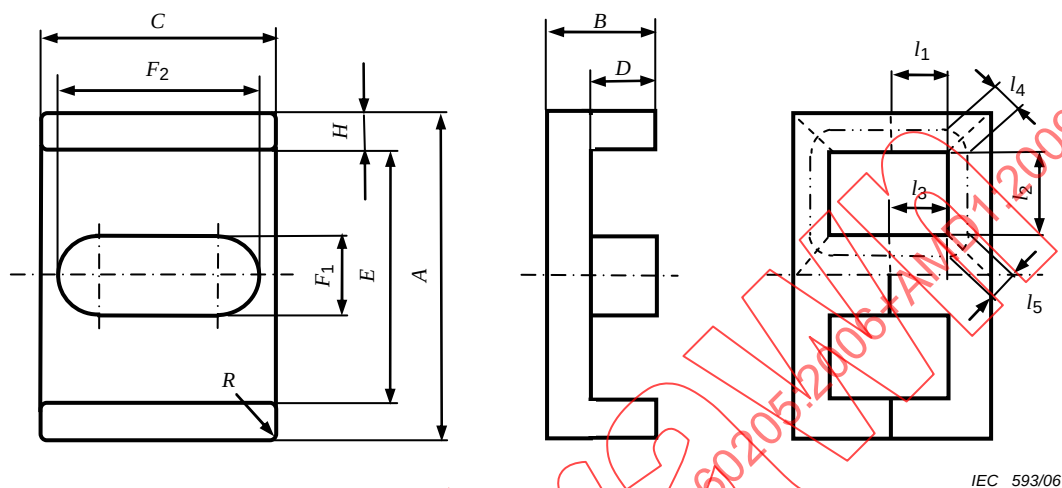
$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}\left\{d_3 + h_1 - h_2 - \sqrt{\frac{1}{2}(d_3^2 + d_4^2)}\right\}$$

$$A_5 = \frac{\pi}{8}(d_3^2 - d_4^2) + \alpha d_3(h_1 - h_2)$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.10 Pair of EL-cores

NOTE EL + PLT (Plate)-cores use EL core formulas.



IEC 593/06

Area of outer leg:

$$A_1 = \frac{1}{2}(A - E)C - 4\left(R^2 - \frac{1}{4}\pi R^2\right)$$

Mean length of flux path at outer leg:

$$l_1 = D$$

Area of back wall:

$$A_2 = \frac{1}{2}(C + (F_2 - F_1) + \pi F_1/2)(B - D)$$

Mean length of flux at back wall:

$$l_2 = \left(\frac{E}{2} - \frac{F_1}{2}\right)$$

Area of centre limb:

$$A_3 = \frac{1}{2}\left\{\frac{1}{4}\pi F_1^2 + (F_2 - F_1)F_1\right\}$$

Mean length of flux path at centre limb:

$$l_3 = D$$

Area of outside corner:

$$A_4 = \frac{A_1 + A_{21}}{2}$$

where $A_{21} = (B - D)C$

Mean length of flux path at outside corner:

$$l_4 = \frac{\pi}{8} \left(\left(\frac{A}{2} - \frac{E}{2} \right) + (B - D) \right)$$

Area of inside corner:

$$A_5 = \frac{A_{23} + A_3}{2}$$

where $A_{23} = ((F_2 - F_1) + \pi F_1/2)(B - D)$

Mean length of flux path at inside corner:

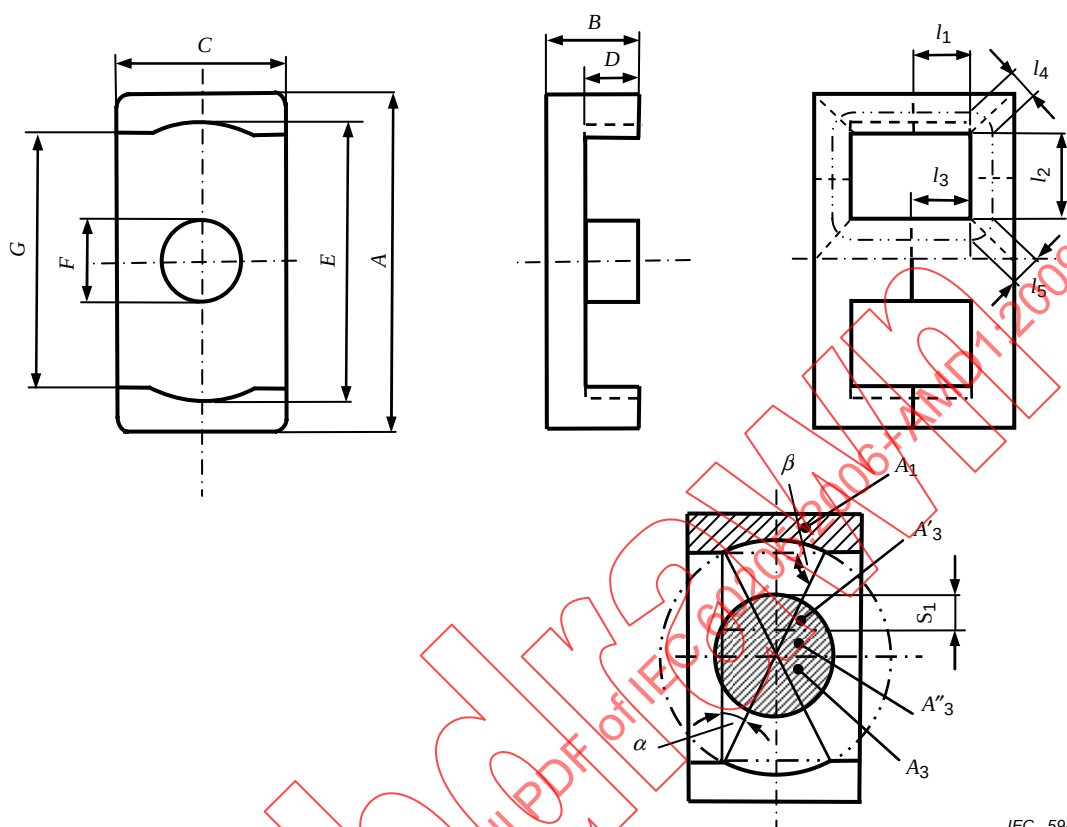
$$l_5 = \frac{\pi}{8} \left(\frac{A_3}{F_2} + (B - D) \right)$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

$$I_e = C_1^3/C_2 \quad A_e = C_1/C_2 \quad V_e = C_1^3/C_2^2$$

3.11 Pair of ER-cores (low profile)

NOTE ER + PLT (Plate)-cores use ER core formulas.



IEC 594/06

Area of outer leg:

$$A_1 = \frac{1}{2} C (A - G) - \left(\frac{\alpha E^2}{4} - \frac{EG}{4} \sin \alpha \right)$$

where $\alpha = \arccos (G/E)$

Mean length of flux path at outer leg:

$$l_1 = D$$

Area of back wall:

$$A_2 = C(B - D)$$

Mean length of flux path at back wall:

$$l_2 = \frac{1}{4} \left(E + \sqrt{G^2 + C^2} - 2F \right)$$

Area of centre limb:

$$A_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{4} \pi F^2 \right)$$

Mean length of flux path at centre limb:

$$l_3 = D$$

Area of outside corner:

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Mean length of flux path at outside corner:

$$l_4 = \frac{\pi}{8} (p + h)$$

where

$$h = B - D \quad p = \frac{A}{2} - \frac{E}{2}$$

Area of inside corner:

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

Mean length of flux path at inside corner:

$$l_5 = \frac{\pi}{8} (2S_1 + h)$$

The condition to obtain $A'_3 = A''_3$ is

$$S_1 = \frac{1}{2} F (1 - \sin \alpha) = 0,2978 F$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

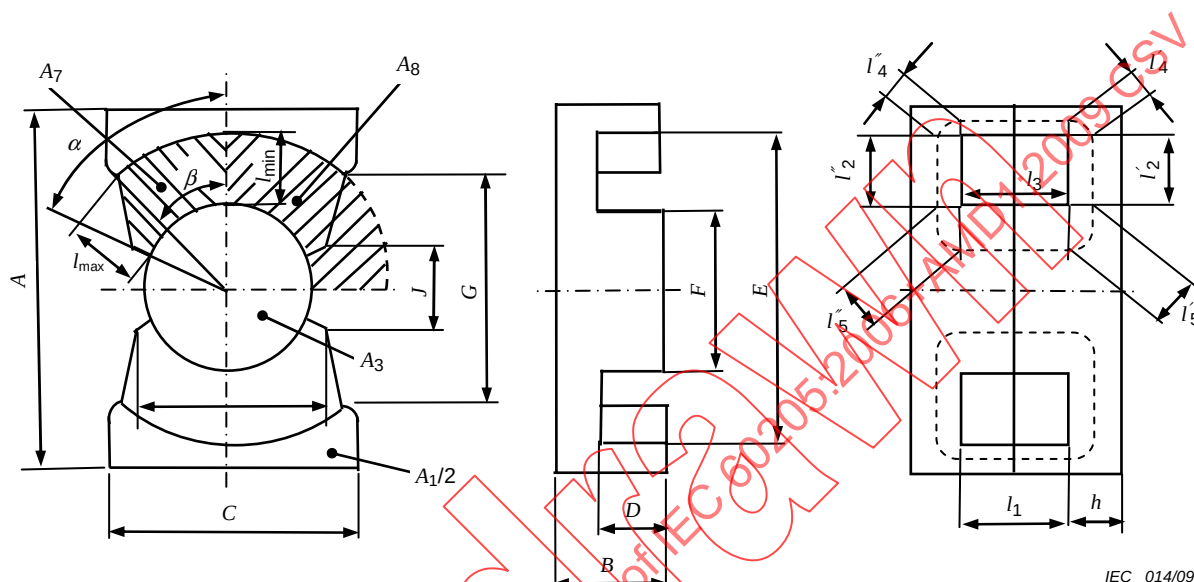
$$l_e = C_1^2 / C_2 \quad A_e = C_1 / C_2 \quad V_e = C_1^3 / C_2^2$$

3.12 Pair of PQ-cores

NOTE 1 This calculation ignores the effect of spring recesses.

NOTE 2 PQ+PLT (Plate)-cores use PQ core formulas.

NOTE 3 The equations below are consistent with those given in IEC 62317-13.



IEC 014/09

Area of outer leg:

$$A_1 = C(A - G) - \frac{\beta E^2}{2} + \frac{1}{2} GI$$

where

$$\beta = \arccos\left(\frac{G}{E}\right)$$

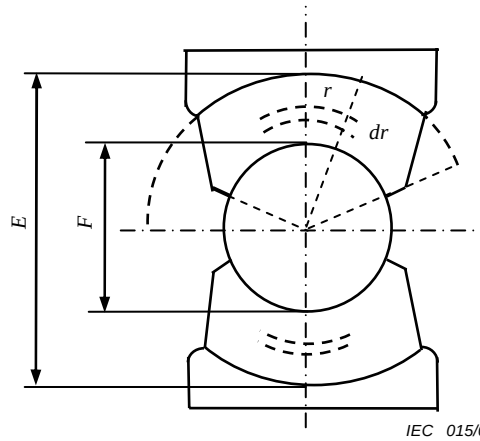
$$I = E \sin \beta$$

Mean length of flux path at outer leg:

$$l_1 = 2D$$

Core factors associated with l_2 :

For l_2 , A_2 the elemental radius dr shown in the figure is elemental length of the flux path in the integral below. The radius vector extends from $F/2$ to $E/2$ for the entire circle. The effective length l_{2i} for the section is multiplied by f . The area is the physical area multiplied by K .



$$\frac{l_{2i}}{A_2} = \int_{\frac{F}{2}}^{\frac{E}{2}} \frac{f}{K 2\pi r (B-D)} dr = \frac{f}{2\pi K (B-D)} \ln\left(\frac{E}{F}\right)$$

$$\frac{l_{2i}}{A_2^2} = \int_{\frac{F}{2}}^{\frac{E}{2}} \frac{f}{[2\pi K (B-D) r]^2} dr = f \frac{\left(\frac{1}{F} - \frac{1}{E}\right)}{2[\pi K (B-D)]^2}$$

From this A_2 is computed. The total magnetic length of this section is $2l_{2i}$ for the top and bottom halves together.

$$A_2 = \pi K E F \frac{B-D}{E-F} \ln\left(\frac{E}{F}\right)$$

$$l_2 = 2l_{2i} = f \frac{EF}{E-F} \left(\ln\left(\frac{E}{F}\right) \right)^2$$

where

$$K = \frac{A_7}{A_8} = \frac{A_7}{\frac{\pi}{16} (E^2 - F^2)}$$

$$A_7 = \frac{1}{8} (\beta \cdot E^2 - \alpha \cdot F^2 + G \cdot L - J \cdot I)$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{L}{J}\right)$$

$$f = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2l_{\min}}$$

$$l_{\max} = \frac{\sqrt{E^2 + F^2 - 2EF \cos(\alpha - \beta)}}{2}$$

Define the other two physical areas in the flux path at back wall.

$$A_9 = 2\alpha \cdot F(B - D)$$

$$A_{10} = 2\beta \cdot E(B - D)$$

The mathematical area A_2 is given as $A_{10} > A_2 > A_9$.

Area of centre limb:

$$A_3 = \frac{1}{4} \pi F^2$$

Mean length of flux path at centre limb:

$$l_3 = 2D$$

Area of outside corner:

$$A_4 = \frac{1}{2} (A_1 + A_{10}) = \frac{1}{2} [A_1 + 2E(B - D)\beta]$$

Mean length of flux path at outside corner:

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4} \left((B - D) + \frac{1}{2} A - \frac{1}{2} E \right)$$

Area of inside corner:

$$A_5 = \frac{1}{2} (A_3 + A_9) = \frac{\pi}{2} \left(\frac{F}{2} \right)^2 + F(B - D)\alpha$$

Mean length of flux path at inside corner:

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4} \left((B - D) + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) F \right)$$

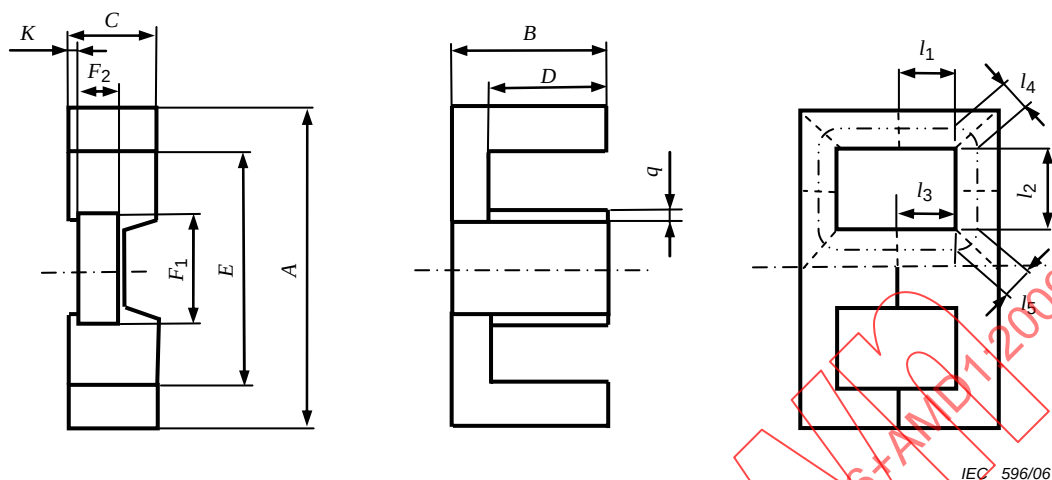
$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

The minimum physical cross-section area $A_{\min}$ is given as:

$$A_{\min} = \min (A_1, A_3, A_4, A_5, A_9)$$

$$l_e = \frac{C_1^2}{C_2} \quad A_e = \frac{C_1}{C_2} \quad V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}$$

3.13 Pair of EFD-cores



Area of outer leg:

$$A_1 = \frac{C(A - E)}{2}$$

Mean length of flux path at outer leg:

$$l_1 = D$$

Area of back wall:

$$A_2 = C(B - D)$$

Mean length of flux at back wall:

$$l_2 = \frac{E - F_1}{2}$$

Area of centre limb:

$$A_3 = \frac{F_1 F_2 - 2q^2}{2}$$

where q : chamfer

Mean length of flux path at centre limb:

$$l_3 = D$$

Area of out side corner:

$$A_4 = \frac{(A_1 + A_2)}{2}$$

Mean length of flux path at outside corner:

$$l_4 = \frac{\pi}{8} \left(\frac{A - E}{2} + (B - D) \right)$$

Area of inside corner:

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

Mean length of flux path at inside corner:

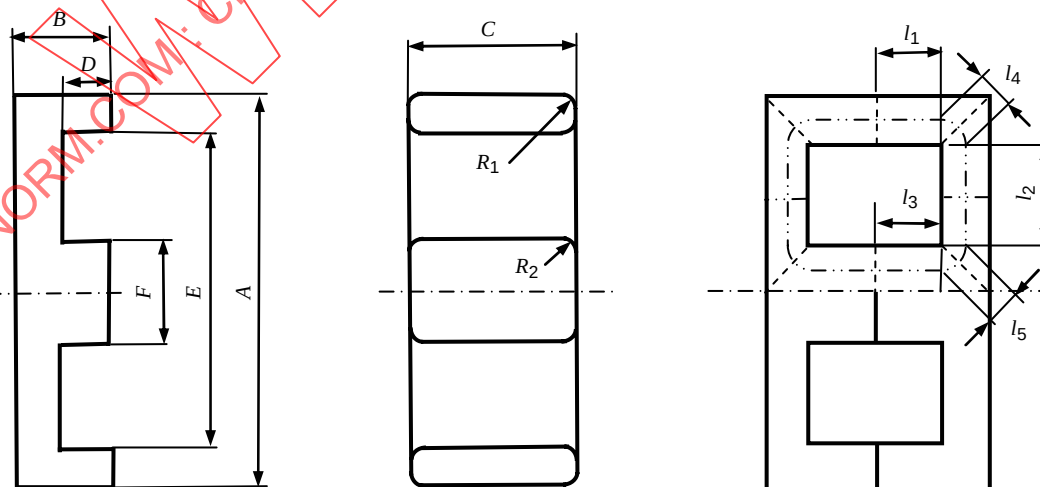
$$l_5 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{F_1}{4} + \sqrt{\left(\frac{C - F_2 - 2K}{2} \right)^2 + \left(\frac{B - D}{2} \right)^2} \right)$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

$$l_e = \frac{C_1^2}{C_2} \quad A_e = \frac{C_1}{C_2} \quad V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}$$

3.14 Pair of E planar-cores

NOTE E planar + PLT (Plate) cores use E planar core formulas.



Area of outer leg:

$$A_1 = \frac{C(A-E)}{2} - 4 \left(R_1^2 - \frac{\pi}{4} \times R_1^2 \right)$$

Mean length of flux path at outer leg:

$$l_1 = D$$

Area of back wall:

$$A_2 = C(B - D)$$

Mean length of flux at back wall:

$$l_2 = \frac{E - F}{2}$$

Area of centre limb:

$$A_3 = FC - 2 \left(R_2^2 - \frac{\pi}{4} \times R_2^2 \right)$$

Mean length of flux path at centre limb:

$$l_3 = D$$

Area of outside corner:

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Mean length of flux path at outside corner:

$$l_4 = \frac{\pi}{8} \left(\frac{A-E}{2} + (B-D) \right)$$

Area of inside corner:

$$A_5 = \frac{(A_2 + A_3)}{2}$$

Mean length of flux path at inside corner:

$$l_5 = \frac{\pi}{8} \times \left(\frac{F}{2} + (B - D) \right)$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

$$l_e = \frac{C_1^2}{C_2} \quad A_e = \frac{C_1}{C_2} \quad V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}$$

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60205:2006+AMD1:2009 CSV

Annex A (informative)

Purpose of revision

The purpose of this revision is to provide formulae by which everybody can reach the same effective parameter values. First it is necessary to have a sufficient number of significant figures when figures are rounded off in the process of calculation. Additionally, some of the calculation formulae have been changed to get closer to the actual shape.

In this revision, the basic idea of calculation has not been changed. Recently, analysis of the magnetic field in the core has been considerably improved, so that based on these ideas development of new approaches and formulae can be expected.

Furthermore, new cores “EL, ER, PQ, EFD and E-planar” are added in this edition.

The parameters in the existing IEC standards will be revised with the outcome from the formulas of this standard.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60205:2006+AMD1:2009 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	33
1 Domaine d'application	35
2 Règles fondamentales	35
3 Formules pour les différents types de noyaux	36
3.1 Noyaux toriques	36
3.2 Paire de noyaux U de section rectangulaire	37
3.3 Paire de noyaux U de section circulaire	38
3.4 Paire de noyaux E à section rectangulaire	39
3.5 Paire de noyaux ETD/EER	40
3.6 Paire de noyaux P	41
3.7 Paire de noyaux RM	43
3.8 Paire de noyaux EP	47
3.9 Paire de noyaux PM	48
3.10 Paire de noyaux EL	50
3.11 Paire de noyaux ER (profil bas)	52
3.12 Paire de noyaux PQ	54
3.13 Paire de noyaux EFD	57
3.14 Paire de noyaux planaires E	58
Annexe A (informative) Objet de la révision	60

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60205:2006+A1:2009

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CALCUL DES PARAMÈTRES EFFECTIFS
DES PIÈCES MAGNÉTIQUES**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60205 a été établie par le comité d'études 51 de la CEI: Composants magnétiques et ferrites.

Cette version consolidée de la CEI 60205 comprend la troisième édition (2006) [documents 51/848/FDIS et 51/857/RVD] et son amendement 1 (2009) [documents 51/928A/CDV et 51/940/RVC].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 3.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

La présente édition inclut les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) tout au long du texte, l'unité utilisée pour les angles est le "radian";
- b) un ajout a été apporté en 2.1 : "Tous les angles sont en radians";
- c) remplacement, en 3.9, de l'équation $\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln d_2 g / d_3}{D\pi(h_1 - h_2)}$ par $\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln d_2 g / d_3}{D\pi(h_1 - h_2)/2}$;
- d) de nouveaux noyaux "EL, ER, PQ, EFD et E planaires" ont été ajoutés dans la présente édition.

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

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60205:2006+A1:2009 CSV

CALCUL DES PARAMÈTRES EFFECTIFS DES PIÈCES MAGNÉTIQUES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale établit des règles uniformes pour le calcul des paramètres effectifs des circuits fermés de matériaux ferromagnétiques.

2 Règles fondamentales

Les règles fondamentales suivantes s'appliquent à cette norme.

2.1 Tous les résultats doivent être exprimés en unités basées sur le millimètre et l'exactitude doit être de trois chiffres significatifs, mais pour déduire l_e , A_e , et V_e , le calcul des valeurs de C_1 et C_2 doit être de cinq chiffres significatifs. Tous les angles sont donnés en radians.

NOTE Un tel degré d'exactitude est spécifié uniquement pour que les paramètres calculés dans différents établissements soient identiques et il n'implique pas que les paramètres puissent être déterminés avec cette exactitude.

2.2 $A_{\min}$ est la valeur nominale de la plus petite section transversale. Toutes les dimensions utilisées pour calculer $A_{\min}$ doivent correspondre aux valeurs moyennes comprises dans les limites de tolérance indiquées sur le dessin de la pièce concernée.

2.3 Les calculs sont uniquement applicables aux pièces de composants d'un circuit magnétique fermé.

2.4 Chacune des dimensions utilisées pour les besoins des calculs doit être la valeur moyenne comprise dans les limites de tolérance indiquées sur le dessin de la pièce concernée.

2.5 Toutes les irrégularités de la configuration du noyau, telles que les petites échancrures, encoches et petits chanfreins, etc., doivent être négligées, sauf description contraire.

2.6 Lorsque la pièce faisant l'objet du calcul présente un angle vif, la longueur moyenne du trajet du flux pour cet angle doit être choisie comme le trajet circulaire moyen joignant les centres des deux sections uniformes adjacentes, et la surface de la section transversale associée à cette longueur doit être choisie comme la moyenne des deux sections uniformes adjacentes.

Calcul des paramètres effectifs l_e , A_e et V_e .

Les paramètres effectifs peuvent être définis comme suit:

$$l_e = C_1^2 / C_2 \quad A_e = C_1 / C_2 \quad V_e = l_e A_e = C_1^3 / C_2^2$$

où

l_e est la longueur magnétique effective du noyau (mm);

A_e est la surface effective de la section transversale (mm²);

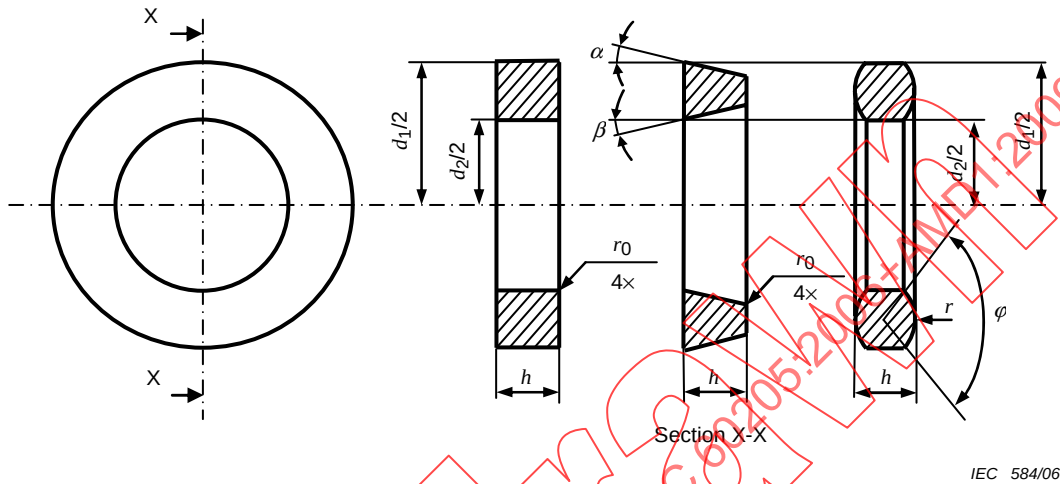
V_e est le volume effectif (mm³);

C_1 est la constante du noyau (mm^{-1});

C_2 est la constante du noyau (mm^{-3}).

3 Formules pour les différents types de noyaux

3.1 Noyaux toriques



$$C_1 = \frac{2\pi}{h_e \ln(d_1/d_2)}$$

$$C_2 = \frac{4\pi(1/d_2 + 1/d_1)}{h_e^2 \ln^3(d_1/d_2)}$$

3.1.1 Pour les noyaux toriques de section transversale rectangulaire à angles vifs

$$h_e = h$$

3.1.2 Pour les noyaux toriques de section transversale rectangulaire avec un rayon de l'arrondi moyen appréciable r_0

$$h_e = h(1 - k_1) \quad k_1 = \frac{1,7168r_0^2}{h(d_1 - d_2)}$$

3.1.3 Pour les noyaux toriques de section transversale trapézoïdale à angles vifs

$$h_e = h(1 - k_2) \quad k_2 = \frac{h(\tan \alpha + \tan \beta)}{d_1 - d_2}$$

3.1.4 Pour les noyaux toriques de section transversale trapézoïdale avec un rayon de l'arrondi moyen appréciable r_0

$$h_e = (1 - k_1 - k_2)h$$

3.1.5 Pour les noyaux toriques de section transversale à côtés frontaux à arc circulaire

$$h_e = h - \frac{d_1 - d_2}{4 \sin^2(\varphi/2)} \left(2 \sin \frac{\varphi}{2} - \frac{\sin \varphi}{2} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

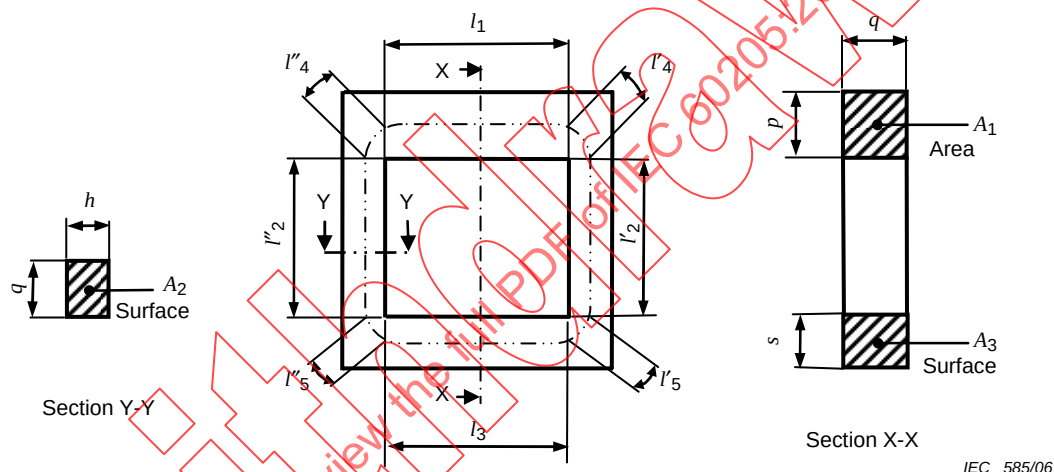
$$\varphi = 2 \arcsin \frac{d_1 - d_2}{4r}$$

NOTE Lorsque le bobinage est uniformément réparti sur un noyau torique, on peut prévoir qu'en tous points à l'intérieur du noyau torique, les lignes de flux seront parallèles à sa surface.

Aucune fuite de flux ne sortira du noyau torique ni ne pénétrera dans celui-ci. Ceci justifie l'utilisation d'une dérivation théoriquement plus correcte des paramètres effectifs qui ne tient pas compte de l'hypothèse d'après laquelle la distribution du flux est uniforme dans la section transversale.

3.2 Paire de noyaux U de section rectangulaire

NOTE Les noyaux-(Plaques) U + PLT utilisent les formules de noyaux U.



Longueur du trajet du flux associée à la surface \$A_2\$:

$$l_2 = l_2' + l_2''$$

Longueur moyenne des trajets du flux aux angles:

$$l_4 = l_4' + l_4'' = \frac{\pi}{4} (p + h)$$

$$l_5 = l_5' + l_5'' = \frac{\pi}{4} (s + h)$$

Surfaces moyennes associées à \$l_4\$ et \$l_5\$:

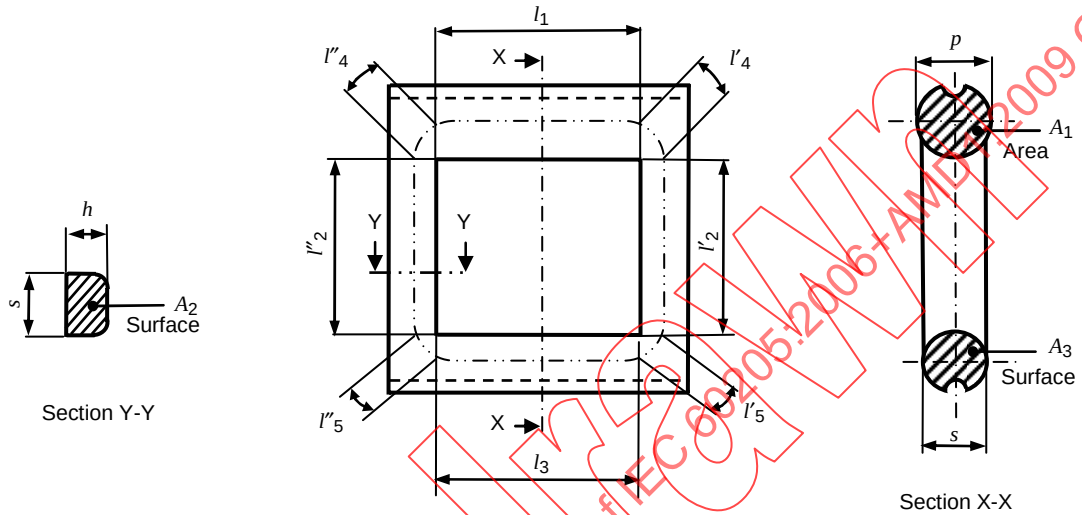
$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.3 Paire de noyaux U de section circulaire

NOTE Les noyaux-(Plaques) U + PLT utilisent les formules des noyaux U.



IEC 586/06

Lors du calcul d' A_2 , ignorer les nervures introduites pour faciliter la fabrication.

Longueur du trajet du flux associé à la surface A_2 :

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

Longueur moyenne du trajet du flux aux angles:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4}(p + h)$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}(s + h)$$

Surfaces moyennes associées à l_4 et l_5 :

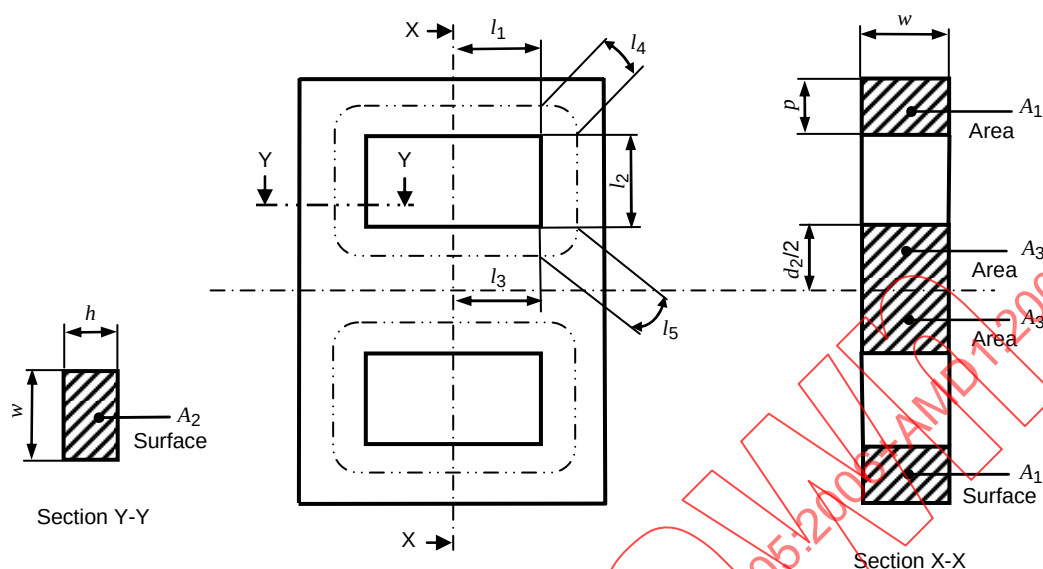
$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.4 Paire de noyaux E à section rectangulaire

NOTE Les noyaux-(Plaques) E + I utilisent les formules des noyaux E.



IEC 587/06

Surface de la demi-branche centrale: A_3

Longueur moyenne des trajets du flux aux angles:

$$l_4 = \frac{\pi}{8} (p + h)$$

$$l_5 = \frac{\pi}{8} \left(\frac{d_2}{2} + h \right)$$

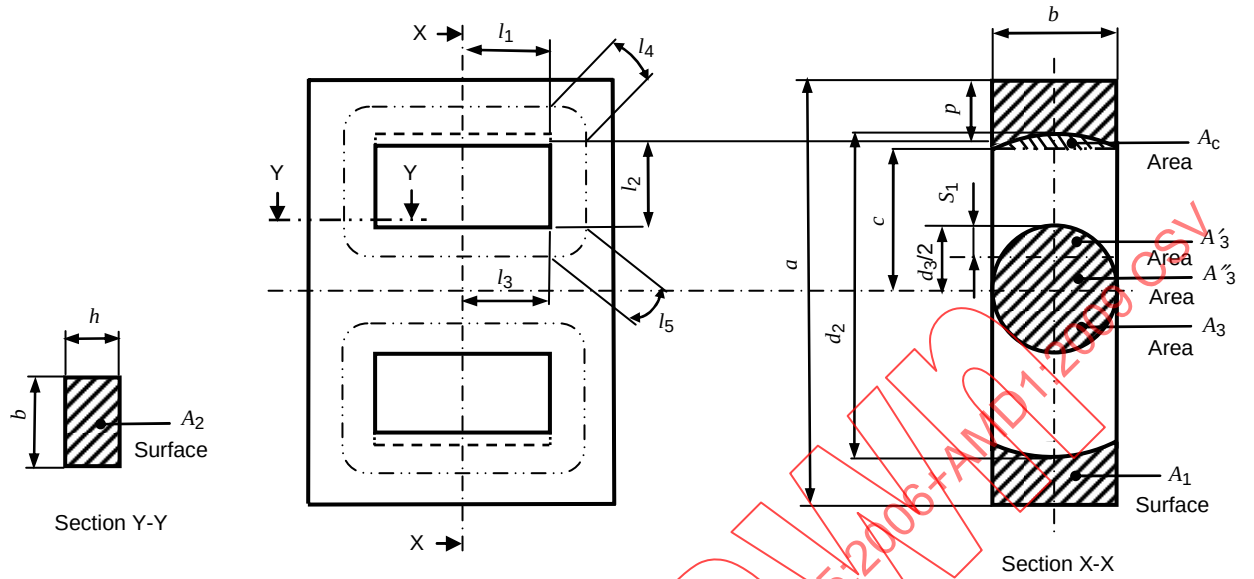
Surfaces moyennes associées à l_4 et l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

3.5 Paire de noyaux ETD/EER



IEC 588/06

A_1 est égale au rectangle $b\left(\frac{1}{2}a - c\right)$ moins la garniture ou le segment A_c .

$$A_c = \frac{1}{4}d_2^2 \arcsin\left(\frac{b}{d_2}\right) - \frac{1}{4}b\sqrt{d_2^2 - b^2}$$

$$A_1 = \frac{1}{2}ab - \frac{1}{4}b\sqrt{d_2^2 - b^2} - \frac{1}{4}d_2^2 \arcsin\left(\frac{b}{d_2}\right)$$

Longueur moyenne du trajet du flux au niveau des parois de fond:

$$l_2 = \frac{1}{4}\left(d_2 + \sqrt{d_2^2 - b^2}\right) - \frac{d_3}{2}$$

NOTE l_2 est relevé à partir de la valeur moyenne de $\frac{1}{2}(d_2 - d_3)$ et $(c - d_3/2)$.

Surface de la demi-branche centrale:

$$A_3 = A'_3 + A''_3$$

La condition pour obtenir $A'_3 = A''_3$ est la suivante:

$$S_1 = 0,2980d_3$$

Longueur moyenne du trajet du flux aux angles:

$$l_4 = \frac{\pi}{8}(p+h)$$

$$\text{où } p = \frac{a}{2} - l_2 - \frac{d_3}{2}$$

$$l_5 = \frac{\pi}{8}(2S_1 + h)$$

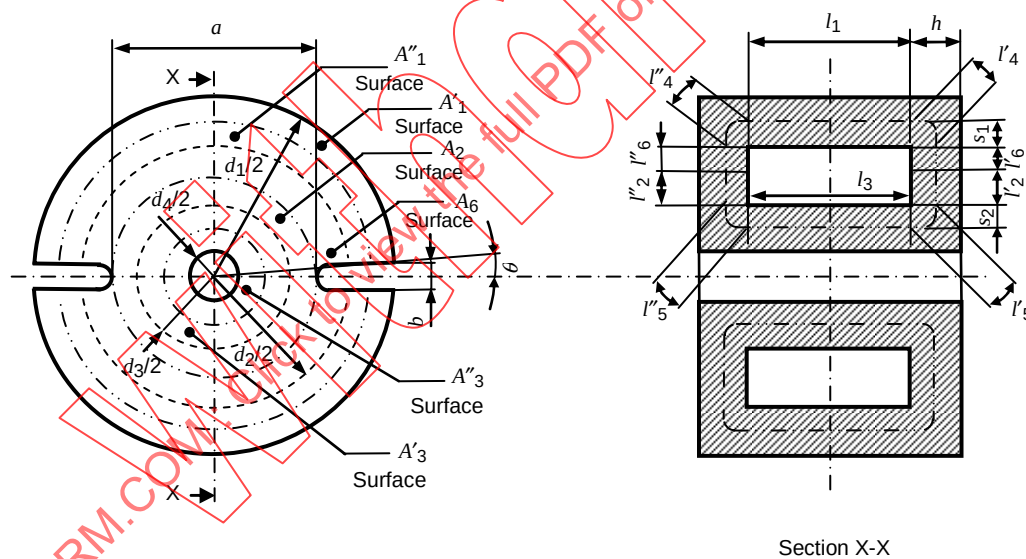
Surfaces moyennes associées à l_4 et l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

3.6 Paire de noyaux P



IEC 589/06

Surface de l'anneau extérieur:

$$A_1 = A'_1 + A''_1$$

La condition pour obtenir $A'_1 = A''_1$ est la suivante

$$S_1 = -\frac{d_2}{2} + \sqrt{\frac{1}{8}(d_1^2 + d_2^2)}$$

Surface de la branche centrale:

$$A_3 = A'_3 + A''_3$$

La condition pour obtenir $A'_3 = A''_3$ est la suivante

$$S_2 = \frac{d_3}{2} - \sqrt{\frac{1}{8}(d_3^2 + d_4^2)}$$

Surface de l'anneau:

$$A_1 = \frac{1}{4}(\pi - n\theta)(d_1^2 - d_2^2)$$

$$\theta = \arcsin \frac{2b}{d_1 + d_2}$$

où

b est la largeur d'encoche ;

n est le nombre d'encoches.

Facteurs de noyau associés à l_2 :

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{1}{\pi h} \ln \frac{a}{d_3}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{a - d_3}{\pi^2 a d_3 h^2}$$

Surface de la branche centrale:

$$A_3 = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_4^2)$$

Longueur moyenne des trajets du flux aux angles:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4}(2S_1 + h)$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}(2S_2 + h)$$

Surfaces associées à l_4 et l_5 :

$$A_4 = \frac{1}{8}(\pi - n\theta)(d_1^2 - d_2^2) + \frac{\pi}{2}d_2h$$

$$A_5 = \frac{\pi}{8}(d_3^2 - d_4^2 + 4d_3h)$$

Facteurs de noyau associés à l_6 :

$$\frac{l_6}{A_6} = \frac{1}{(\pi - n\theta)h} \ln \frac{d_2}{a}$$

$$\frac{l_6}{A_6^2} = \frac{d_2 - a}{ad_2(\pi - n\theta)^2 h^2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^6 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^6 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.7 Paire de noyaux RM

NOTE 1 Ce calcul est également applicable au type de noyau sans trou.

NOTE 2 Les noyaux (-plaques) RM + I utilisent les formules de noyaux RM.

Surface totale de la branche extérieure:

$$A_1 = \frac{1}{2} a^2 \left\{ 1 + \tan \left(\beta - \frac{\pi}{4} \right) \right\} - \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{1}{2} p^2$$

où $\beta = \alpha - \arcsin \frac{e}{d_2}$

Facteurs de noyau associés à l_2 :

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln \frac{d_2}{d_3} f}{D \pi h}$$

où $f = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2 l_{\min}}$, $D = \frac{A_7}{A_8}$

$$l_2 = l_2' + l_2''$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{(1/d_3 - 1/d_2) f}{(D \pi h)^2}$$

Type 1:

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4} (d_2^2 + d_3^2)} - \frac{1}{2} d_2 d_3 \cos(\alpha - \beta)$$

Type 2:

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4} (d_2^2 + d_3^2)} - \frac{1}{2} d_2 d_3 \cos(\alpha - \beta) - \frac{b}{2 \sin \frac{\varphi}{2}}$$

Type 3:

$$l_{\max} = \frac{e}{2} + \frac{1}{2} \left(1 - \sin \frac{\varphi}{2} \right) (d_2 - c)$$

Type 1: RM 6-S:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 + \frac{1}{2} e^2 \tan \beta - \frac{1}{2} e^2 \tan \left(\alpha - \frac{\varphi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_3^2 \right\}$$

Type 1: RM 6-R:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 + \frac{1}{2} d_2 d_3 \sin(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} (c - d_3)^2 \tan \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{4} d_3^2 \right\}$$

Type 2:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{\pi}{4} d_3^2 + \frac{1}{2} (b^2 - e^2) \tan \left(\alpha - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{1}{2} e^2 \tan \beta \right\}$$

Type 3:

$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{\pi}{4} d_3^2 + \frac{1}{2} c^2 \tan(\alpha - \beta) \right\}$$

$$A_8 = \frac{a}{8} (d_2^2 - d_3^2)$$

Surface du pôle central:

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_4^2)$$

Longueur moyenne des trajets du flux aux angles et surfaces moyennes associées à ceux-ci:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4} \left(h + \frac{1}{2} a - \frac{1}{2} d_2 \right)$$

$$A_4 = \frac{1}{2} (A_1 + 2\beta d_2 h)$$

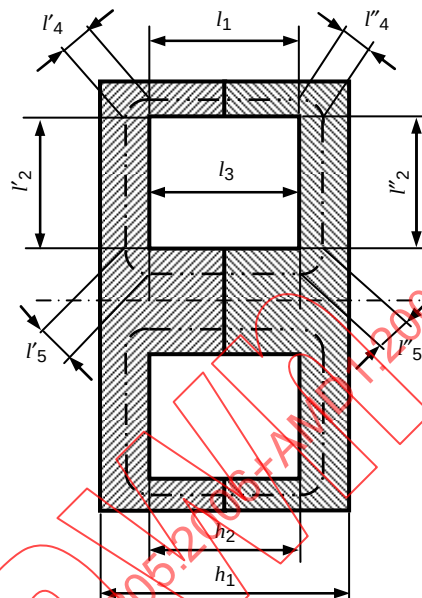
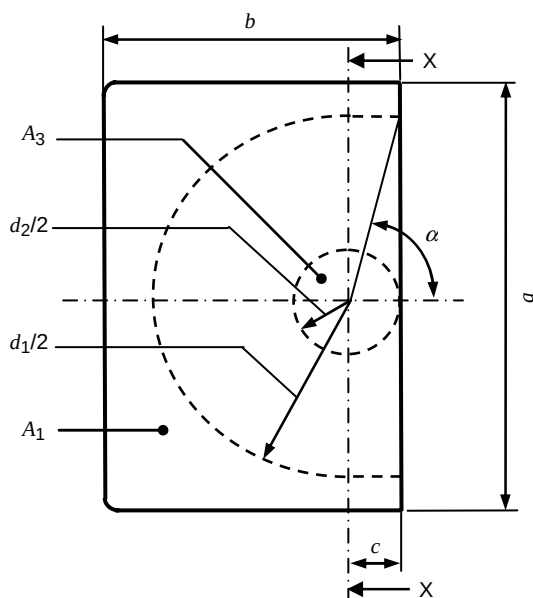
$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4} \left\{ d_3 + h - \sqrt{\frac{1}{2} (d_3^2 + d_4^2)} \right\}$$

$$A_5 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_4^2) + 2\alpha d_3 h \right\}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

NOTE Ce calcul ne tient pas compte de l'effet d'enfoncement du ressort et du goujon. Ceux-ci peuvent influencer sur le résultat du calcul, en particulier pour les noyaux de petite taille.

3.8 Paire de noyaux EP



Section X-X

IEC 591/06

En tant que paire:

$$\frac{l_1}{A_1} = \frac{h_2}{ab - \pi d_1^2 / 8 - d_1 d_2 / 2}$$

$$\frac{l_1}{A_1^2} = \frac{h_2}{(ab - \pi d_1^2 / 8 - d_1 d_2 / 2)^2}$$

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{2}{(\pi - \alpha)(h_1 - h_2)} \ln \frac{d_1}{d_2}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{4(d_1 - d_2)}{(\pi - \alpha)^2 (h_1 - h_2)^2 d_1 d_2}$$

$$\frac{l_3}{A_3} = \frac{h_2}{\pi \left(\frac{d_2}{2} \right)^2} = \frac{4h_2}{\pi d_2^2}$$

$$\frac{l_3}{A_3^2} = \frac{h_2}{\pi^2 \left(\frac{d_2}{2} \right)^4} = \frac{16h_2}{\pi^2 d_2^4}$$

Surfaces associées à l_4 et l_5 :

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{2} \left(\gamma - \frac{d_1}{2} + \frac{h_1 - h_2}{4} \right)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{(\pi - \alpha)d_1^2 + 2(ab - \pi d_1^2 / 8 - d_1 d_2 / 2)}{4(\pi - \alpha)}}$$

où γ est un rayon hypothétique bissectant la surface de la section transversale de l'anneau:

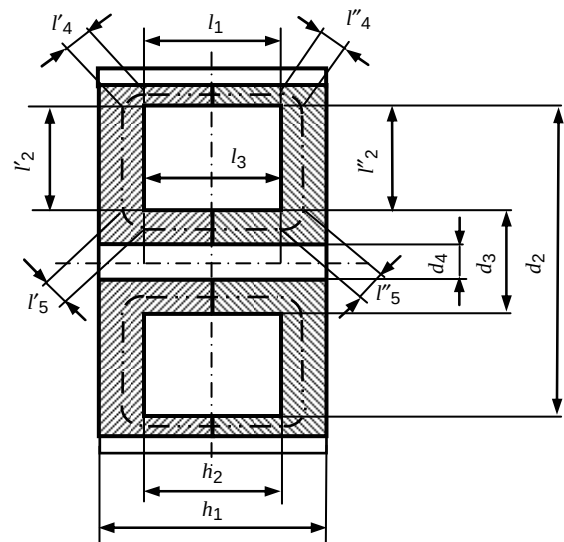
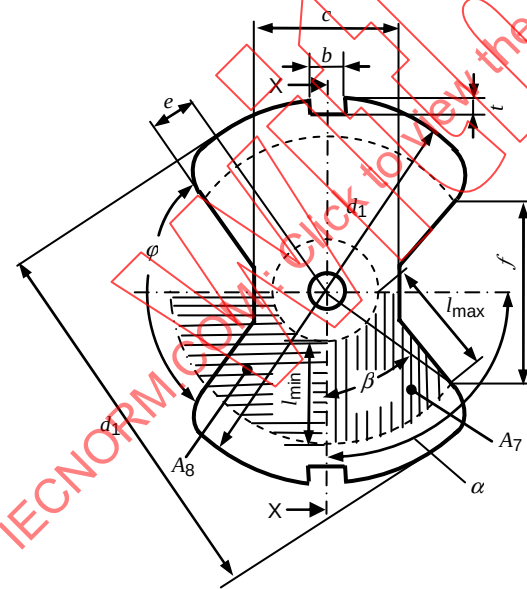
$$A_4 = \frac{1}{2} \left\{ ab - \frac{\pi}{8} d_1^2 - \frac{d_1 d_2}{2} + (\pi - \alpha) d_1 \left(\frac{h_1}{2} - \frac{h_2}{2} \right) \right\}$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{2} \left(0,29289 \frac{d_2}{2} + \frac{h_1 - h_2}{4} \right)$$

$$A_5 = \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{d_2^2}{4} + \frac{d_2}{2} (h_1 - h_2) \right\}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{I_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{J_i}{A_i^2}$$

3.9 Paire de noyaux PM



Section X-X

IEC 592/06

Surface totale de la branche:

$$A_1 = \frac{\beta}{2} (d_1^2 - d_2^2) - 2bt$$

où $\beta = \alpha - \arcsin \frac{f}{d_2}$

Facteurs de noyau associés à l_2 :

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln \frac{d_2}{d_3} g}{D\pi(h_1 - h_2)/2}$$

où $g = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2l_{\min}}$ $D = \frac{A_7}{A_8}$

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4}(d_2^2 + d_3^2) - \frac{1}{2}d_2d_3\cos(\alpha - \beta)}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{(1/d_3 - 1/d_2)g}{\{D\pi(h_1 - h_2)/2\}^2}$$

$$A_7 = \frac{\beta}{8}d_2^2 + \frac{1}{8}f^2\tan\beta - \frac{1}{8}f^2\tan\left(\alpha - \frac{\varphi}{2}\right) - \frac{\pi}{16}d_3^2$$

$$A_8 = \frac{\pi}{8}(d_2^2 - d_3^2)$$

Surface de la branche centrale:

$$A_3 = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_4^2)$$

Longueur moyenne des trajets du flux aux angles et surfaces moyennes associées à ceux-ci:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{8}(h_1 - h_2 + d_1 - d_2)$$

$$A_4 = \frac{1}{2}\{A_1 + 2\beta d_2(h_1 - h_2)\}$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}\left\{d_3 + h_1 - h_2 - \sqrt{\frac{1}{2}(d_3^2 + d_4^2)}\right\}$$

$$A_5 = \frac{\pi}{8}(d_3^2 - d_4^2) + \alpha d_3(h_1 - h_2)$$