

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
205**

Première édition
First edition
1966-01

**Calcul des paramètres effectifs des pièces
ferromagnétiques**

**Calculation of the effective parameters of
magnetic piece parts**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 205: 1966

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
205**

Première édition
First edition
1966-01

**Calcul des paramètres effectifs des pièces
ferromagnétiques**

**Calculation of the effective parameters of
magnetic piece parts**

© IEC 1966 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembeé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch

IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

K

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
Quelques notes sur l'emploi des paramètres effectifs	6
Liste des symboles	10
1. Domaine d'application et objet	12
2. Règles de base	12
3. Formules de calcul pour divers types de noyaux	12
3.1 Tore droit à section rectangulaire	14
3.2 Paire de circuits magnétiques en U à section rectangulaire	15
3.3 Paire de circuits magnétiques en U à section circulaire	16
3.4 Paire de circuits magnétiques en E à section rectangulaire	17
3.5 Paire de circuits magnétiques en E à section circulaire	18
3.6 Circuits magnétiques en pot fermé	19

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
Some notes on the use of effective parameters	7
List of symbols	11
1. Scope and object.	13
2. Basic rules	13
3. Formulae for the various types of cores	13
3.1 Uniform toroid of rectangular section	14
3.2 Pair of U-cores of rectangular section	15
3.3 Pair of U-cores of rounded section	16
3.4 Pair of E-cores of rectangular section	17
3.5 Pair of E-cores of rounded section	18
3.6 Complete pot-core	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CALCUL DES PARAMÈTRES EFFECTIFS
DES PIÈCES FERROMAGNÉTIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 51 de la CEI: Matériaux ferromagnétiques.

Un premier projet préparé par le Comité national du Royaume-Uni fut examiné pendant la réunion tenue à Interlaken en 1961. A la suite de cette réunion un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1962.

Les observations reçues furent examinées au cours de la réunion tenue à Nice en 1962 où il fut décidé de soumettre quelques modifications à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en décembre 1963.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Pays-Bas
Allemagne	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Cette publication sera régulièrement complétée, lorsque de nouvelles formes de noyau seront disponibles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation was prepared by IEC Technical Committee No. 51, Ferromagnetic Materials.

A first draft was prepared by the British National Committee and the subject was discussed during the meeting held in Interlaken in 1961. As a result of this meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1962.

The comments received were discussed during the meeting held in Nice in 1962, where it was decided that amendments should be submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in December 1963.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	United States of America

This Publication will be added to regularly as new core shapes become available.

CALCUL DES PARAMÈTRES EFFECTIFS DES PIÈCES FERROMAGNÉTIQUES

Quelques notes sur l'emploi des paramètres effectifs

Lorsqu'on calcule les propriétés magnétiques des noyaux à partir de celles du matériau, on peut se servir des paramètres dits effectifs. Dans cette méthode de calcul, on remplace le noyau par un tore idéal tel qu'un enroulement placé sur ce tore conduise exactement au même fonctionnement électrique qu'un enroulement comportant le même nombre de spires placé sur le noyau original.

Les propriétés magnétiques et les paramètres dimensionnels de ce tore de substitution sont appelés les *paramètres effectifs*. Leurs symboles sont ceux de ces propriétés auxquels on ajoute l'indice «e».

Ces paramètres effectifs sont:

- le champ magnétique H_e ;
- l'induction B_e ;
- la perméabilité effective μ_e ;
- la longueur de la ligne de force magnétique l_e ;
- l'aire de la section transversale A_e ;
- le volume du noyau V_e .

Il est possible de calculer les paramètres effectifs à partir des dimensions du noyau et des propriétés du matériau moyennant les deux hypothèses suivantes:

- dans chaque section transversale du noyau le flux a la même valeur (il n'y a donc pas de flux de fuite);
- la distribution du flux dans la section transversale est uniforme.

Lorsqu'on applique les paramètres effectifs pour calculer les pertes par hystérésis, la formule de Rayleigh est en outre valable:

$$\frac{B}{\mu_0} = (\mu_i + \nu \hat{H}) H \pm \frac{\nu}{2} (\hat{H}^2 - H^2)^{1/2}.$$

Les formules générales applicables aux noyaux ont une forme plus simple pour le tore de substitution:

$$\oint H \, dl = Ni \quad \text{devient} \quad H_e l_e = Ni$$

$$\Phi = \int_A B \, dA \quad \text{devient} \quad \Phi = B_e A_e$$

$$P_h = f \int_V dV \oint H \, dB \quad \text{devient} \quad P_h = f V_e \oint H \, dB.$$

¹⁾ Les symboles utilisés sont définis à la page 10.

CALCULATION OF THE EFFECTIVE PARAMETERS OF MAGNETIC PIECE PARTS

Some notes on the use of effective parameters

When calculating the magnetic properties of cores on the basis of those of the material, use can be made of so-called effective parameters. For this method of calculation, the core is substituted by an ideal toroid such that a coil wound on that toroid would give exactly the same electrical performance as a coil with the same number of turns placed on the original core.

The magnetic properties and dimensional parameters of that substitute toroid are called the *effective parameters*. These are indicated by the suffix “e” added to the symbols for these properties.

These effective parameters are:

- the magnetic field strength H_e ;
- the induction B_e ;
- the effective permeability μ_e ;
- the magnetic path length l_e ;
- the cross-sectional area A_e ;
- the core volume V_e .

It is possible to calculate the effective parameters from the core dimensions and material properties when the following two assumptions are made:

- in every cross-section of the core the flux is the same (so there is no flux leakage);
- the flux is uniformly distributed over the cross section.

When using the effective parameters to calculate the hysteresis losses, the Rayleigh expression shall furthermore be valid:

$$\frac{B}{\mu_0} = (\mu_1 + \nu \hat{H}) H \pm \frac{\nu}{2} (\hat{H}^2 - H^2)^{1/2}.$$

The general magnetic circuit equations for a core of arbitrary geometry become simpler when the effective parameters are used, as follows:

$$\oint H \, dl = Ni \quad \text{becomes} \quad H_e l_e = Ni$$

$$\Phi = \int_A B \, dA \quad \text{becomes} \quad \Phi = B_e A_e$$

$$P_h = f \int_V dV \oint H \, dB \quad \text{becomes} \quad P_h = f V_e \oint H \, dB.$$

¹⁾ The symbols used are explained on Page 11.

A l'aide de $L = N \frac{\hat{\Phi}}{i}$ et $\frac{\text{tg } \delta_h}{\mu_e} = \eta_B \hat{B}_e$ on peut déduire les expressions suivantes, qui peuvent être utilisées pour le calcul des paramètres effectifs. Pour des raisons pratiques, les paramètres dimensionnels sont normalement exprimés en millimètres, de sorte que la puissance appropriée de 10 est ajoutée aux formules électromagnétiques.

$$C_1 = \Sigma \frac{l}{A} \quad (\text{Voir note 1})$$

$$C_2 = \Sigma \frac{l}{A^2}$$

$$l_e = \frac{C_1^2}{C_2}$$

$$A_e = \frac{C_1}{C_2}$$

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

$$\hat{H}_e = \frac{Ni}{l_e} 10^3$$

$$\hat{B}_e = \frac{u_{av} 10^6}{4 f A_e N}$$

$$\mu_e = \frac{C_1}{\Sigma \frac{l}{\mu_r A}}$$

$$\hat{B}_e = \frac{\hat{u} 10^6}{\omega A_e N} \quad (\text{Voir note 2})$$

Dans le cas des noyaux et parties de noyaux dont l'aire de la section transversale varie de manière continue le long de la ligne de force magnétique, on peut remplacer les sommations des formules ci-dessus par des intégrations.

Ces paramètres effectifs permettent de calculer l'inductance et les pertes par hystérésis comme suit:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_e N^2 A_e}{l_e} 10^{-3}$$

$$P_h = \frac{\eta_B \hat{u}^3}{2 \omega^2} \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_e^3}{L^3 V_e}} 10^9.$$

Les formules sont également valables dans le cas d'un noyau comportant un petit entrefer. Il sera tenu compte de cet entrefer dans le calcul de μ_e .

1) On utilise quelquefois le facteur de perméance $c = \frac{\mu_0}{C_1} \cdot 10^{-3}$ (en henrys), principalement pour le calcul de l'inductance spécifique à partir de la perméabilité effective.

2) Seulement pour les tensions sinusoïdales.

With the aid of $L = N \frac{\hat{\Phi}}{i}$ and $\frac{\tan \delta_h}{\mu_e} = \eta_B \hat{B}_e$ the following expressions can be derived, which can be used to calculate the effective parameters. For practical reasons, the dimensional parameters are normally expressed in millimetres, so that the appropriate power of 10 appears in the electro-magnetic equations.

$$C_1 = \sum \frac{l}{A} \quad (\text{See Note 1})$$

$$C_2 = \sum \frac{l}{A^2}$$

$$l_e = \frac{C_1^2}{C_2}$$

$$A_e = \frac{C_1}{C_2}$$

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

$$\hat{H}_e = \frac{Ni}{l_e} 10^3$$

$$\hat{B}_e = \frac{u_{av} 10^6}{4 f A_e N}$$

$$\mu_e = \frac{C_1}{\sum \frac{l}{\mu_r A}}$$

$$\hat{B}_e = \frac{\hat{u} 10^6}{\omega A_e N} \quad (\text{See Note 2})$$

For cores and parts of cores with cross-sectional area which changes continuously along the magnetic path length, the summation of the above equations may be replaced by an integration.

With these effective parameters, the self inductance and the hysteresis losses can be calculated according to:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_e N^2 A_e}{l_e} 10^{-3}$$

$$P_h = \frac{\eta_B \hat{u}^3}{2 \omega^2} \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_e^3}{L^3 V_e}} 10^9.$$

The equations also hold true for a core with small air gap. This air gap is taken into account by the calculation of μ_e .

1) Sometimes the permeance factor $c = \frac{\mu_0}{C_1} \cdot 10^{-3}$ (in henries) is used, mainly to calculate the effective permeability from the inductance factor.

2) For sinusoidal voltage only.

Liste des symboles

A	Aire de la section transversale en un point quelconque du noyau (mm ²)
A_e	Surface effective de la section transversale (mm ²)
B	Valeur instantanée de l'induction (T)
B_e	Valeur instantanée de l'induction effective (T)
$\hat{B}_e$	Valeur de crête de l'induction effective (T)
C_1	Constante du noyau (mm ⁻¹)
C_2	Constante du noyau (mm ⁻³)
$\tan \delta_h$	Tangente de l'angle de pertes hystériques
f	Fréquence (Hz)
H	Valeur instantanée du champ (A/m)
$\hat{H}$	Valeur de crête du champ (A/m)
H_e	Valeur instantanée du champ effectif (A/m)
$\hat{H}_e$	Valeur de crête du champ effectif (A/m)
η_B	Constante d'hystérésis du matériau (T ⁻¹)
i	Valeur instantanée du courant (A)
$\hat{i}$	Valeur de crête du courant (A)
l	Longueur d'une partie du noyau à section constante (mm)
l_e	Longueur effective magnétique du noyau (mm)
L	Inductance (H)
μ_0	Perméabilité absolue du vide, $4\pi \times 10^{-7}$ H/m
μ_a	Perméabilité relative d'amplitude, voir paragraphe A. 1.7 de la Publication 125 de la CEI*
μ_e	Perméabilité effective, voir paragraphe A. 2.2 de la Publication 125 de la CEI*
μ_i	Perméabilité relative initiale, voir paragraphe A. 1.6 de la Publication 125 de la CEI*
μ_r	Perméabilité relative, symbole général
N	Nombre de spires
ν	Facteur d'hystérésis (m/A)
ω	Pulsation = $2\pi f$ (rad/s)
P_h	Pertes par hystérésis (W)
U_{av}	Valeur moyenne de la tension par demi-période (V)
$\hat{u}$	Valeur de crête de la tension (V)
V	Volume (mm ³)
V_e	Volume effectif (mm ³)
Φ	Valeur instantanée du flux magnétique (Wb)
$\hat{\Phi}$	Valeur de crête du flux magnétique (Wb)

* Publication 125 de la CEI : Classification générale des matériaux en oxydes ferromagnétiques et définition des termes.

List of symbols

A	Cross-sectional area at a given part of the core (mm ²)
A_e	Effective cross-sectional area (mm ²)
B	Momentary value of flux density (T)
B_e	Momentary value of effective flux density (T)
$\hat{B}_e$	Peak value of effective induction (T)
C_1	Core constant (mm ⁻¹)
C_2	Core constant (mm ⁻³)
$\tan \delta_h$	Tangent of the loss angle due to hysteresis loss
f	Frequency (Hz (c/s))
H	Momentary value of field strength (A/m)
$\hat{H}$	Peak value of field strength (A/m)
H_e	Momentary value of effective field strength (A/m)
$\hat{H}_e$	Peak value of effective field strength (A/m)
η_B	Hysteresis material constant (T ⁻¹)
i	Momentary value of current (A)
$\hat{i}$	Peak value of current (A)
l	Length of a part of the core with constant cross-sectional area (mm)
l_e	Effective magnetic length of the core (mm)
L	Self-inductance (H)
μ_0	Absolute permeability of vacuum, $4\pi \times 10^{-7}$ H/m
μ_a	Relative amplitude permeability, see Sub-clause A. 1.7 of IEC Publication 125*
μ_e	Effective permeability, see Sub-clause A. 2.2 of IEC Publication 125*
μ_i	Relative initial permeability, see Sub-clause A. 1.6 of IEC Publication 125*
μ_r	Relative permeability, general
N	Number of turns
ν	Rayleigh hysteresis coefficient (m/A)
ω	Angular frequency = $2\pi f$ (rad/s)
P_h	Hysteresis loss (W)
U_{av}	Average value per half period of voltage (V)
$\hat{u}$	Peak value of voltage (V)
V	Volume (mm ³)
V_e	Effective volume (mm ³)
Φ	Momentary value of magnetic flux (Wb)
$\hat{\Phi}$	Peak value of magnetic flux (Wb)

* IEC Publication 125, General Classification of Ferromagnetic Oxide Materials and Definitions of Terms.

CALCUL DES PARAMÈTRES EFFECTIFS DES PIÈCES FERROMAGNÉTIQUES

1. Domaine d'application et objet

Etablir des règles uniformes pour le calcul des paramètres effectifs des circuits fermés en matériaux ferromagnétiques destinés à accroître la perméabilité de ces circuits.

2. Règles de base

2.1 Tous les résultats seront exprimés en millimètres et la précision sera de trois chiffres significatifs.

Note. — Le but poursuivi en fixant cette précision est uniquement de s'assurer que les paramètres calculés à différents stades sont identiques, ce qui n'implique nullement que les paramètres puissent être calculés avec cette précision.

2.2 Toute conversion de mètres en pouces sera basée sur la correspondance 1 in = 25,4 mm, les nombres étant arrondis avec la précision nécessaire au but poursuivi.

2.3 La quantité $\frac{\pi}{8}$ sera considérée comme égale à 0,3927.

2.4 Les calculs s'appliquent uniquement aux pièces formant un circuit magnétique fermé.

2.5 Chacune des dimensions utilisées pour le calcul sera la moyenne des valeurs limites indiquées sur le dessin de la pièce en question.

2.6 Toutes les irrégularités dans la configuration du circuit magnétique telles que: petits sillons, rainures, chanfreins, etc. seront négligées à moins qu'il n'y soit fait spécialement référence dans les sections suivantes.

2.7 Lorsque la pièce faisant l'objet du calcul comporte un angle vif, la longueur de la ligne de force moyenne pour cet angle sera choisie comme le trajet circulaire moyen joignant les centres des deux sections planes adjacentes, et la surface de la section transversale associée à cette longueur sera choisie comme la moyenne des deux sections planes adjacentes.

3. Formules de calcul pour divers types de noyaux

Les symboles utilisés dans les paragraphes suivants sont définis dans la rubrique intitulée «Quelques notes sur l'emploi des paramètres effectifs». (Voir page 6.)

CALCULATION OF THE EFFECTIVE PARAMETERS OF MAGNETIC PIECE PARTS

1. Scope and object

To lay down uniform rules for the calculation of the effective parameters of closed circuits of ferromagnetic material intended to increase the permeability of that circuit.

2. Basic rules

- 2.1 All results shall be expressed in millimetres and shall be accurate to three significant figures.

Note. — The purpose of the 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 Any conversion from metric to inch systems shall be based on 1 in = 25.4 mm and rounded off to an accuracy necessary for the purpose.

- 2.3 The quantity $\frac{\pi}{8}$ shall be taken as 0.3927.

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

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

- 2.6 All irregularities in the outline of the core, such as small cut-outs, notches, chamfers, etc. shall be ignored unless specifically referred to in the later sections.

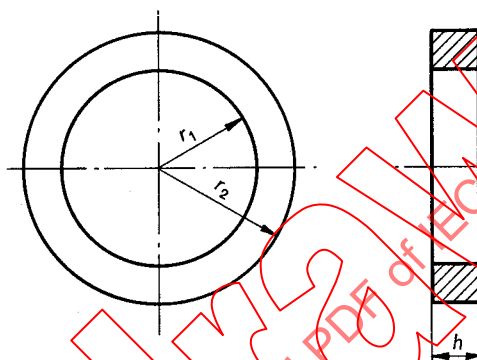
- 2.7 When the calculation involves the sharp corner of a piece part, then the mean length of flux path for that corner shall be taken as the mean circular path joining the centres of area of the two adjacent uniform sections, and the cross-sectional area associated with that length shall be taken as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

3. Formulae for the various types of cores

The symbols used in the following Sub-clauses are defined in "Some notes on the use of effective parameters". (See page 7.)

3.1 *Tore droit à section rectangulaire*

3.1 *Uniform toroid of rectangular section*

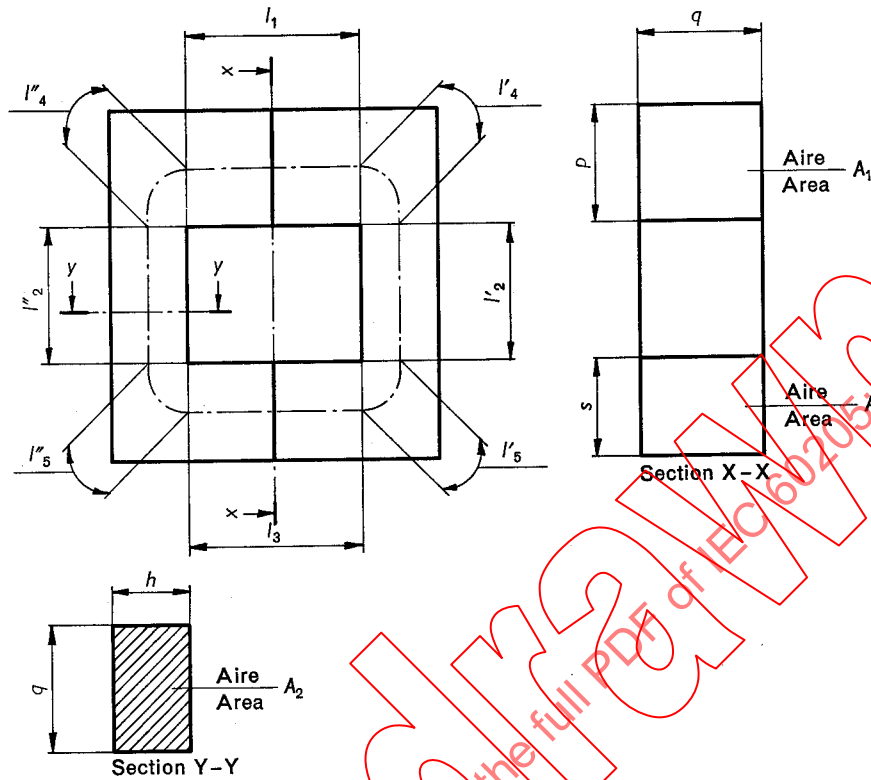


$$C_1 = \frac{2 \pi}{h \log_e \frac{r_2}{r_1}} \text{ mm}^{-1}$$

$$C_2 = \frac{2 \pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)}{h^2 \log_e^3 \frac{r_2}{r_1}} \text{ mm}^{-3}$$

3.2 Paire de circuits magnétiques en U à section rectangulaire

3.2 Pair of U-cores of rectangular section



Longueur de la ligne de force associée à l'aire A_2 :

Length of flux path associated with area A_2 :

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

Longueur de la ligne de force moyenne aux angles:

Mean length of flux paths at corners:

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

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

Aires moyennes associées à l_4 et l_5 :

Mean areas associated with l_4 and l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \text{ mm}^2$$

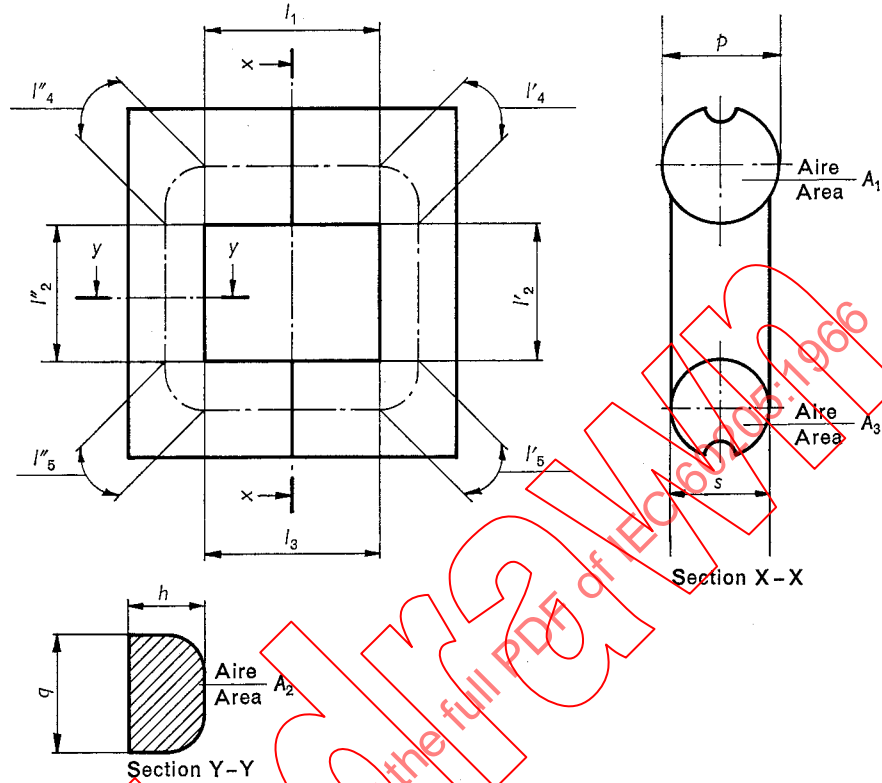
$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2} \text{ mm}^2$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \text{ mm}^{-1}$$

$$C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2} \text{ mm}^{-3}$$

3.3 Paire de circuits magnétiques en U à section circulaire

3.3 Pair of U-cores of rounded section



En calculant A_2 ne pas tenir compte des irrégularités introduites pour faciliter la fabrication.

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

Longueur de la ligne de force associée à l'aire A_2 :

Length of flux path associated with area A_2 :

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

Longueur de la ligne de force moyenne aux angles:

Mean length of flux path at corners:

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

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

Aires moyennes associées à l_4 et l_5 :

Mean area associated with l_4 and l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \text{ mm}^2$$

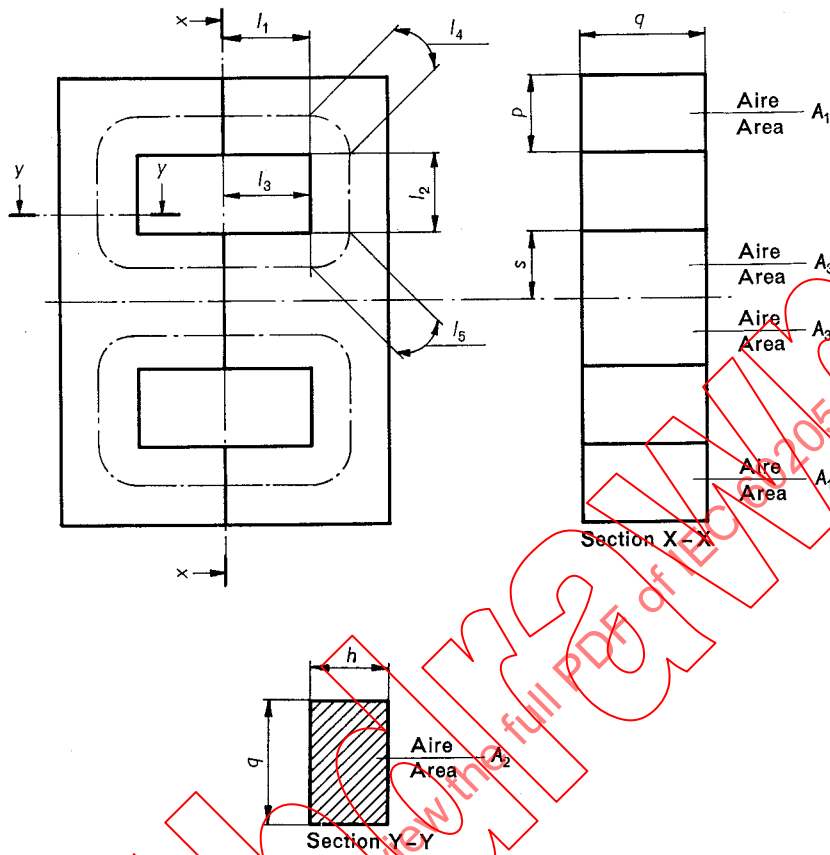
$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2} \text{ mm}^2$$

$$C_1 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i} \text{ mm}^{-1}$$

$$C_2 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i^2} \text{ mm}^{-3}$$

3.4 Paire de circuits magnétiques en E à section rectangulaire

3.4 Pair of E-cores of rectangular section



Aire de la moitié du noyau central: A_3 .

Area of half the centre limb: A_3 .

Longueur de la ligne de force moyenne aux angles:

Mean length of flux path at corners:

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

$$l_5 = \frac{\pi}{8} (s + h) \text{ mm}$$

Aires moyennes associées à l_4 et l_5 :

Mean areas associated with l_4 and l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \text{ mm}^2$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2} \text{ mm}^2$$

$$C_1 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i} \text{ mm}^{-1}$$

$$C_2 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i^2} \text{ mm}^{-3}$$