

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Modification N° 1

Décembre 1965

à la Publication 125
(Première édition-1961)

Amendment No. 1

December 1965

to Publication 125
(First edition-1961)

Classification générale des matériaux en oxydes ferromagnétiques et définitions des termes

General classification of ferromagnetic oxide materials and definitions of terms

Les modifications contenues dans le présent document ont été approuvées suivant la Règle des Six Mois et la Procédure des Deux Mois respectivement.

The amendments contained in this document have been approved under the Six Months' Rule and the Two Months' Procedure respectively.

Les projets de modifications furent discutés par le Comité d'Etudes N° 51 aux cours des réunions tenues à Interlaken en 1961, à Nice en 1962 et à Aix-les-Bains en 1964.

The drafts amendments were discussed by Technical Committee No. 51 at meetings held in Interlaken in 1961, in Nice in 1962 and in Aix-les-Bains in 1964.



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

**MODIFICATIONS A LA PUBLICATION 125 DE LA CEI:
CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES MATÉRIAUX EN OXYDES FERROMAGNÉTIQUES
ET DÉFINITIONS DES TERMES**

(Première édition — 1961)

Page 22

B. Pertes

Remplacer entièrement cette section par le texte suivant :

B.1 Définitions d'ordre général

B.1.1 Pertes totales d'une pièce ferromagnétique

Dans des conditions spécifiées, puissance absorbée par une pièce en matériau ferromagnétique et dissipée sous forme de chaleur lorsque cette pièce est soumise à un champ magnétique variable avec le temps.

Note: Définition des pertes (V.E.I. 05-04-035): Différence entre les valeurs des grandeurs fournies à un système et celles de même nature restituées par le même système (énergie, puissance, quantité d'électricité, etc.).

B.1.2 Pertes par courants de Foucault

Pertes causées par les courants de Foucault dans une pièce ferromagnétique.

Note: Définition des courants de Foucault (V.E.I. 05-20-095): Courants induits à l'intérieur de masses conductrices par des variations d'induction magnétique.

B.1.3 Pertes hystériques

Pertes causées par hystérésis magnétique dans une pièce ferromagnétique, quand le champ magnétique varie avec le temps.

Note: Définition de l'hystérésis magnétique (V.E.I. 05-025-215): Phénomène par lequel l'aimantation des corps ferromagnétiques dépend, non seulement de la valeur actuelle du champ, mais aussi des états magnétiques antérieurs.

B.1.4 Pertes résiduelles

Différence entre les pertes totales (paragraphe B.1.1) et la somme des pertes par courants de Foucault et hystérésis.

B.1.5 Pertes par résonance gyromagnétique

Pertes associées à l'existence de la résonance gyromagnétique.

Note: Les détails sont à l'étude.

**AMENDMENTS TO IEC PUBLICATION 125:
GENERAL CLASSIFICATION OF FERROMAGNETIC OXIDE MATERIALS
AND DEFINITIONS OF TERMS**

(First edition—1961)

Page 23

A.3.2 Induction factor

Modify title to:

A.3.2 *Inductance factor*

B. Losses

Replace this entire Section by the following:

B.1 General definitions

B.1.1 Total losses of a ferromagnetic part

Under stated conditions, the power absorbed by a body of ferromagnetic material and dissipated as heat when that body is subjected to a time varying magnetic field.

Note: Definition of losses (I.E.V. 05-04-035): The difference between input and the useful output of a system (energy, power, quantity of electricity etc.).

B.1.2 Eddy current losses

The losses caused by the eddy currents in a ferromagnetic part.

Note: Definition of eddy (Foucault) currents (I.E.V. 05-20-095): The currents induced in the interior of conducting masses by variations of the magnetic flux.

B.1.3 Hysteresis losses

The losses caused by the magnetic hysteresis in a magnetic part, when the magnetic field varies with time.

Note: Definition of magnetic hysteresis (I.E.V. 05-25-215): The phenomenon by which the magnetization of ferromagnetic bodies depends, not only on the actual value of the field, but also on the previous magnetic state.

B.1.4 Residual losses

The difference between the total losses (Sub-clause B.1.1) and the sum of the eddy current and hysteresis losses.

B.1.5 Gyromagnetic resonance losses

The losses associated with the occurrence of gyromagnetic resonance.

Note: Details are under consideration.

B.2 Expression des pertes

B.2.1 Tangente de l'angle de pertes

Dans des conditions spécifiées, quotient de la valeur absolue de la composante imaginaire et de la composante réelle de la perméabilité complexe exprimée en éléments série; ou bien le quotient de la composante réelle et de la valeur absolue de la composante imaginaire de la perméabilité complexe exprimée en éléments parallèle (voir paragraphe A.1.5).

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\mu_s''}{\mu_s'} = \frac{\mu_p'}{\mu_p''}$$

$\operatorname{tg} \delta$ = tangente de l'angle de pertes

μ_s' = composante réelle de la perméabilité complexe exprimée en éléments série

μ_s'' = valeur absolue de la composante imaginaire de la perméabilité complexe exprimée en éléments série

μ_p' = composante réelle de la perméabilité complexe exprimée en éléments parallèles

μ_p'' = valeur absolue de la composante imaginaire de la perméabilité complexe exprimée en éléments parallèles.

Note: Pour des valeurs inférieures à 0,1 la tangente de l'angle de pertes peut être séparée en composantes qui correspondent aux pertes définies dans l'article B.1 comme suit:

$$\operatorname{tg} \delta \approx \operatorname{tg} \delta_e + \operatorname{tg} \delta_h + \operatorname{tg} \delta_r$$

$\operatorname{tg} \delta_e$ = tangente de l'angle de pertes causées par les courants de Foucault

$\operatorname{tg} \delta_h$ = tangente de l'angle de pertes causées par hystérésis magnétique

$\operatorname{tg} \delta_r$ = tangente de l'angle de pertes causées par les pertes résiduelles.

B.2.2 Facteur de surtension

Inverse de la tangente de l'angle de pertes.

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta}$$

Q = facteur de surtension

$\operatorname{tg} \delta$ = tangente de l'angle de pertes (voir paragraphe B.2.1).

B.3 Mesures et calculs des constantes du matériau sur les noyaux

B.3.1 Facteur de pertes relatif à la perméabilité unité

Rapport de la tangente de l'angle de pertes à la perméabilité relative initiale du matériau, mesuré sur un noyau en matériau magnétique homogène (de préférence un tore sans entrefer).

B.2 Expression of losses

B.2.1 Tangent of the loss angle

Under stated conditions, the quotient of the magnitude of the imaginary part and the real part of the complex permeability expressed in series terms; alternatively, the quotient of the real component and the magnitude of the imaginary component of the complex permeability expressed in parallel terms (see Sub-clause A.1.5).

$$\tan \delta = \frac{\mu_s''}{\mu_s'} = \frac{\mu_p'}{\mu_p''}$$

$\tan \delta$ = tangent of the loss angle

μ_s' = real component of the complex permeability expressed in series terms

μ_s'' = magnitude of imaginary component of the complex permeability expressed in series terms

μ_p' = real component of the complex permeability expressed in parallel terms

μ_p'' = magnitude of the imaginary component of the complex permeability expressed in parallel terms.

Note: For values below 0.1, the tangent of the loss angle can be split in components corresponding to the losses defined in Clause B.1, as follows:

$$\tan \delta \approx \tan \delta_e + \tan \delta_h + \tan \delta_r$$

$\tan \delta_e$ = tangent of the loss angle due to eddy current losses only

$\tan \delta_h$ = tangent of the loss angle due to hysteresis losses only

$\tan \delta_r$ = tangent of the loss angle due to residual losses only.

B.2.2 Quality factor

The inverse of the tangent of the loss angle.

$$Q = \frac{1}{\tan \delta}$$

Q = quality factor

$\tan \delta$ = tangent of the loss angle (see Sub-clause B.2.1).

B.3 Measurement and calculation of material constants on cores

B.3.1 Losses per unit permeability

Measured on a core of homogeneous magnetic material (preferably a toroid without air gap), the ratio of the tangent of the loss angle to the relative initial permeability of the material,

$$\frac{\operatorname{tg} \delta}{\mu_i} = \frac{\mu_s''}{(\mu_s')^2} = \frac{R_s}{\mu_i \omega L_s} = \frac{\omega L_p}{\mu_i R_p} = \frac{\omega L_o}{R_p}$$

L_o = inductance en henrys de la bobine de mesure placée sur un noyau qui a une perméabilité égale à celle dans le vide.

On peut aussi utiliser le produit de la perméabilité relative initiale par le facteur de surtension.

$$\mu_i Q = \frac{\mu_i}{\operatorname{tg} \delta}$$

$\operatorname{tg} \delta$ = tangente de l'angle de pertes

μ_i = perméabilité relative initiale, supposée égale à la perméabilité toroidale (voir paragraphe A.2.1)

μ_s' et μ_s'' = composantes réelle et imaginaire de la perméabilité complexe exprimée en éléments série (voir paragraphes A.1.5 et A.2.4)

R_s, R_p = résistance en ohms de la bobine de mesure causée par les pertes dans le noyau, calculée respectivement comme résistance série et parallèle

ω = $2 \pi \times$ la fréquence de mesure en hertz

L_s, L_p = inductance en henrys de la bobine de mesure placée sur le noyau, calculée respectivement comme inductance série et parallèle

Q = facteur de surtension.

Note: A induction faible, le facteur de pertes relatif à la perméabilité unité est indépendant de la longueur de l'entrefer, tant que le flux de fuite magnétique est négligeable.

$$\left[\frac{\operatorname{tg} \delta}{\mu_e} \right]_{\text{noyau avec entrefer}} = \left[\frac{\operatorname{tg} \delta}{\mu_i} \right]_{\text{noyau sans entrefer}}$$

μ_e = perméabilité relative effective à induction faible.

B.3.2. Coefficient d'hystérésis du matériau

Dans des conditions spécifiées et dans la région de Rayleigh¹), quotient des pertes hystériques normalisées pour la perméabilité, par la valeur de crête de l'induction.

$$\eta_B = \frac{\operatorname{tg} \delta_h}{\mu_e \hat{B}}$$

η_B = coefficient d'hystérésis du matériau (en T⁻¹)

$\operatorname{tg} \delta_h$ = tangente de l'angle de pertes hystériques

μ_e = perméabilité relative effective

$\hat{B}$ = induction maximale en tesla dans le noyau pendant la mesure.

¹ Voir note page 8.

$$\frac{\tan \delta}{\mu_i} = \frac{\mu_s''}{(\mu_s')^2} = \frac{R_s}{\mu_i \omega L_s} = \frac{\omega L_p}{\mu_i R_p} = \frac{\omega L_o}{R_p}$$

L_o = self induction in henries of the measuring coil on a core having a permeability equal to that in vacuo.

Alternatively, the product of relative initial permeability and quality factor may be used.

$$\mu_i Q = \frac{\mu_i}{\tan \delta}$$

$\tan \delta$ = tangent of the loss angle

μ_i = relative initial permeability, taken as equal to the toroidal permeability (see Sub-clause A.2.1)

μ_s' and μ_s'' = real and imaginary components of the complex permeability expressed in series terms (see Sub-clauses A.1.5 and A.2.4)

R_s, R_p = resistance of the measuring coil in ohms calculated as series and parallel resistance respectively, due to the losses in the core only

ω = $2 \pi \times$ measuring frequency in hertz (cycles per second)

L_s, L_p = self-inductance of the measuring coil on the core in henries calculated as series and parallel inductance respectively

Q = quality factor.

Note: At low flux density, the losses per unit permeability are independent of the air gap length as long as the leakage flux remains negligible.

$$\left[\begin{array}{c} \tan \delta \\ \mu_e \end{array} \right]_{\text{core with air gap}} = \left[\begin{array}{c} \tan \delta \\ \mu_i \end{array} \right]_{\text{core without air gap}}$$

μ_e = relative effective permeability at low flux density.

B.3.2 Hysteresis material constant

Under stated conditions and in the Rayleigh region ¹⁾, the quotient of the hysteresis loss per unit permeability and the peak value of the flux density.

$$\eta_B = \frac{\tan \delta_h}{\mu_e \hat{B}}$$

η_B = hysteresis material constant (in T⁻¹)

$\tan \delta_h$ = tangent of the loss angle due to hysteresis only

μ_e = relative effective permeability

$\hat{B}$ = peak value of flux density in tesla in the core during measurement.

¹ See footnote on Page 9.

B.3.3. Coefficient d'hystérésis du noyau

Dans les conditions spécifiées et dans la région de Rayleigh¹⁾, quotient de la tangente de l'angle de pertes hystérétiques par le produit du courant et de la racine carré de l'inductance de la bobine de mesure

$$\eta_i = \frac{\operatorname{tg} \delta_h}{i \sqrt{L}}$$

η_i = coefficient d'hystérésis du noyau (en $A^{-1} H^{-1/2}$)

$\operatorname{tg} \delta_h$ = tangente de l'angle de pertes hystérétiques

i = courant maximal dans la bobine de mesure

L = inductance en henrys de la bobine de mesure placée sur le noyau

Note: La relation entre η_B et η_i est:

$$\eta_i = \eta_B \sqrt{\frac{\mu_0 \cdot \mu_e^3}{V_e}}$$

V_e = volume effectif.

B.3.4 Pertes à induction élevée

Dans des conditions spécifiées, pertes totales d'un noyau exprimées en watts.

Note: Les pertes totales d'un noyau peuvent également être exprimées en watts pour une faible valeur d'induction.

¹⁾ Pour les besoins de cette recommandation, la région de Rayleigh est définie comme étant les conditions dans lesquelles se trouve un corps ferromagnétique placé dans un champ magnétique qui varie périodiquement, lorsque le champ maximal est si faible que l'induction est une fonction quadratique du champ.

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

B = induction instantanée en tesla

μ_0 = perméabilité du vide en henrys par mètre

μ_i = perméabilité relative initiale

ν = facteur d'hystérésis en mètres par ampère

$\hat{H}$ = champ maximal en ampères par mètre

H = champ instantané en ampères par mètre.

B.3.3 Hysteresis core constant

Under stated conditions and within the Rayleigh region ¹⁾, the quotient of the tangent of the loss angle due to hysteresis and the product of current and square root of inductance of the measuring coil

$$\eta = \frac{\tan \delta_h}{i \sqrt{L}}$$

η_i = hysteresis core constant (in $A^{-1} H^{-1/2}$)

$\tan \delta_h$ = tangent of the loss angle due to hysteresis only

i = peak value of the current in amperes passed through the measuring coil

L = self-inductance in henries of the measuring coil placed on the core.

Note: The relation between η_B and η_i is:

$$\eta_i = \eta_B \sqrt{\frac{\mu_o \cdot \mu_e^3}{V_e}}$$

V_e = effective volume.

B.3.4 Losses at high flux density

Under stated conditions, the total losses of a core expressed in watts.

Note: The total losses of a core may also be expressed in watts at low value of the flux density.

¹⁾ For the purpose of this Recommendation, the Rayleigh region is defined as the condition prevailing in a ferromagnetic body placed in a periodically varying magnetic field, when the peak value of the field strength is so small that the flux density is described as a quadratic function of the field strength.

$$\frac{B}{\mu_o} = (\mu_i + \nu \hat{H})H \pm \frac{\nu}{2} (\hat{H}^2 - H^2)$$

B = instantaneous value of flux density in tesla

μ_o = permeability in vacuo in henries per metre

μ_i = relative initial permeability

ν = Rayleigh hysteresis coefficient in metres per ampere

$\hat{H}$ = peak value of field strength in amperes per metre

H = instantaneous value of field strength in amperes per metre.