

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
287**

1982

**AMENDEMENT 2
AMENDMENT 2**

1991-02

Amendement 2

**Calcul du courant admissible dans les câbles
en régime permanent (facteur de charge 100 %)**

Amendment 2

**Calculation of the continuous current rating
of cables (100 % load factor)**

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

PRÉFACE

Le présent amendement a été établi par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Études n° 20 de la CEI: Câbles électriques

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
20A(BC)126	20A(BC)134

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

INTRODUCTION DE FORMULES DE CALCUL DE LA CAPACITÉ DE TRANSPORT DANS LES CAS OÙ LA MIGRATION D'HUMIDITÉ DANS LE SOL EST PRISE EN COMPTE

Page 10

INTRODUCTION

Insérer le nouvel alinéa suivant après le premier alinéa:

Des éléments ont été introduits qui permettent de prendre en compte l'effet de l'assèchement partiel du sol lorsque cela est nécessaire. Ils sont basés sur un modèle physique du sol simple et approché à deux zones. Dans ce modèle, la zone adjacente au câble est asséchée tandis que l'autre conserve la résistivité thermique initiale du site, la frontière entre ces zones étant une isotherme*. On considère que cette méthode convient dans les cas où le comportement du sol peut être décrit uniquement par des expressions simples.

Insérer la note suivante au bas de la page 10:

* Capacités de transport des câbles enterrés dans un sol partiellement asséché, Partie 1: Electra n° 104, p. 11, janvier 1986: en particulier section 3 et annexe 1.

PREFACE

This amendment has been prepared by Sub-Committee 20A: High-voltage cables, of IEC Technical Committee No. 20: Electric cables.

The text of this amendment is based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
20A(CO)126	20A(CO)134

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the Voting Report indicated in the above table.

INTRODUCTION OF RATING EQUATIONS FOR CONDITIONS
WHERE MOISTURE MIGRATION
IS TAKEN INTO ACCOUNT

Page 11

INTRODUCTION

Insert the following new paragraph after the first paragraph:

A clause has been included which enables the effect of partial drying out of the soil to be taken into account when required. This is based on a simple two-zone approximate physical model of the soil where the zone adjacent to the cable is dried out while the other zone retains the site's thermal resistivity, the zone boundary being an isotherm*. This method is considered to be appropriate for those applications in which soil behaviour is considered in simple terms only.

Insert the following footnote at the bottom of page 11:

* Current ratings of cables buried in partially dried out soil, Part 1: Electra No. 104, p. 11, January 1986: in particular Section 3 and Appendix 1.

Page 12

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

Remplacer le premier alinéa de cet article par le suivant:

La présente norme concerne uniquement le fonctionnement en régime permanent des câbles de toutes tensions alternatives et de tensions continues jusqu'à 5 kV, enterrés directement dans le sol, placés dans des fourreaux, caniveaux ou tubes d'acier, avec ou sans assèchement partiel du sol, ainsi que les câbles posés à l'air libre. On entend par «régime permanent» la circulation continue d'un courant constant (facteur de charge 100 %) juste suffisant pour atteindre asymptotiquement la température maximale de l'âme en supposant que les conditions du milieu ambiant restent inchangées.

2. Symboles

Ajouter, à l'endroit approprié, les symboles suivants:

ν	= rapport des résistivités thermiques des zones de sol sec et humide ($\nu = \rho_d/\rho_w$)	
θ_x	= température critique du sol et température de la frontière entre zone sèche et zone humide	°C
$\Delta\theta_x$	= échauffement critique du sol et échauffement de la frontière entre les zones sèche et humide au-dessus de la température ambiante du sol	K
ρ_d	= résistivité thermique du sol sec	K.m/W
ρ_w	= résistivité thermique du sol humide	K.m/W

Page 18

3. Evaluation de l'intensité du courant admissible dans les câbles

Insérer, juste en dessous du titre de l'article 3, le texte suivant:

Lorsque l'intensité du courant admissible est calculée pour des conditions d'assèchement partiel du sol, il est également nécessaire de calculer une capacité de transport pour des conditions où l'assèchement du sol ne se produit pas. La plus faible des deux valeurs doit être utilisée.

Ajouter le nouveau paragraphe 3.1 et renuméroter les paragraphes existants 3.1 et 3.2 comme suit:

3.1 Câbles enterrés dans le cas où il n'y a pas d'assèchement du sol ou câbles posés à l'air libre

3.1 Câbles à courant alternatif

Renommer ce paragraphe comme suit:

3.1.1 Câbles à courant alternatif

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

Replace the first paragraph of this clause by the following:

This standard deals solely with the conditions of steady-state operation of cables at all alternating voltages, as well as in direct voltages up to 5 kV, buried directly in the ground, in ducts, in troughs or in steel pipes, both with and without partial drying out of the soil, as well as cables in air. The term "steady state" is intended to mean a continuous constant current (100 % load factor) just sufficient to produce asymptotically the maximum conductor temperature, the surrounding ambient conditions being assumed constant.

2. Symbols

Add, in the appropriate positions, the following symbols:

v	=	ratio of the thermal resistivities of dry and moist soils ($v = \rho_d / \rho_w$)	
θ_x	=	critical temperature of the soil and temperature of the boundary between dry and moist zones	°C
$\Delta\theta_x$	=	critical temperature rise of the soil and temperature rise of the boundary between the dry and moist zones above the ambient temperature of the soil	K
ρ_d	=	thermal resistivity of dry soil	K.m/W
ρ_w	=	thermal resistivity of moist soil	K.m/W

3. Permissible current rating of cables

Insert, immediately under the heading of this clause, the following text:

When the permissible current rating is being calculated under conditions of partial drying out of the soil it is also necessary to calculate a rating for conditions where drying out of the soil does not occur. The lower of the two ratings shall be used.

Add a new Sub-clause 3.1 and renumber the existing Sub-clauses 3.1 and 3.2 as follows:

3.1 Buried cables where drying out of the soil does not occur or cables in air

3.1 A.C. cables

Renumber this sub-clause as follows:

3.1.1 A.C. cables

3.2 Câbles à courant continu jusqu'à 5 kV

Renommer, page 20, ce paragraphe comme suit:

3.1.2 Câbles à courant continu jusqu'à 5 kV

Ajouter les nouveaux paragraphes suivants:

3.2 Câbles enterrés dans le cas où se produit un assèchement partiel du sol

3.2.1 Câbles à courant alternatif

La méthode suivante doit être appliquée uniquement à un seul câble ou à un seul circuit, posé à une profondeur normale.

NOTE - Le cas d'installations comportant plus d'un circuit et l'espacement nécessaire entre circuits sont à l'étude.

Les modifications de la résistance thermique externe, dues à la formation d'une zone sèche autour d'un seul câble ou d'un seul circuit, sont obtenues à partir de la formule suivante (à comparer à la formule du paragraphe 3.1.1):

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d [0,5 T_1 + n (T_2 + T_3 + v T_4)] + (v-1) \Delta\theta_x}{R [T_1 + n (1 + \lambda_1) T_2 + n (1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + v T_4)]} \right]^{0,5}$$

où:

- v = rapport des résistivités thermiques des zones de sol sec et humide $\square$ ($v = \rho_d / \rho_w$)
- R = résistance de l'âme en courant alternatif à sa température maximale de service $\square$ (ohm/m)
- ρ_d = résistivité thermique du sol sec $\square$ (K.m/W)
- ρ_w = résistivité thermique du sol humide $\square$ (K.m/W)
- θ_x = température critique du sol et température de la frontière entre zone sèche et zone humide $\square$ (°C)
- θ_a = température ambiante (°C)
- $\Delta\theta_x$ = échauffement critique du sol et échauffement de la frontière entre les zones sèche et humide au-dessus de la température ambiante du sol $\square$ ($\theta_x - \theta_a$) (K)

NOTE - T_4 est calculé en utilisant le paragraphe 9.3.2 et la résistivité thermique du sol humide (ρ_w). La méthode du paragraphe 9.3.1 pour le calcul de l'échauffement mutuel des câbles par modification de l'élévation de la température ne peut pas être utilisée.

θ_x et ρ_d doivent être déterminés à partir d'une connaissance des conditions du sol.

NOTE - Le choix de paramètres du sol appropriés est en cours d'étude. En attendant, des valeurs peuvent être retenues par accord entre fabricant et client.

3.2.2 Câbles à courant continu jusqu'à 5 kV

L'intensité du courant admissible dans un câble à courant continu s'obtient par la simplification suivante de la formule en courant alternatif:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta + (v-1) \Delta\theta_x}{R' [T_1 + n T_2 + n (T_3 + v T_4)]} \right]^{0,5}$$

où:

- R' = résistance de l'âme en courant continu, par unité de longueur, à sa température maximale de service (ohm/m)

3.2 D.C. cables up to 5 kV

Renumber this sub-clause on page 21 as follows:

3.1.2 D.C. cables up to 5 kV

Add the following new sub-clauses:

3.2 Buried cables where partial drying out of the soil occurs

3.2.1 A.C. cables

The following method shall be applied to a single isolated cable or circuit only, laid at conventional depths.

NOTE - Installations of more than one circuit as well as the necessary spacing between circuits are under consideration.

Changes in external thermal resistance, consequent to the formation of a dry zone around a single isolated cable or circuit, shall be obtained from the following formula (compared with the formula of Sub-clause 3.1.1):

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d [0.5 T_1 + n(T_2 + T_3 + vT_4)] + (v-1)\Delta\theta_x}{R [T_1 + n(1+\lambda_1)T_2 + n(1+\lambda_1+\lambda_2)(T_3 + vT_4)]} \right]^{0.5}$$

where:

- v = ratio of the thermal resistivities of the dry and moist soil zones $\square$ ($v = \rho_d / \rho_w$)
- R = a.c. resistance of the conductor at its maximum operating temperature $\square$ (ohm/m)
- ρ_d = thermal resistivity of the dry soil $\square$ (K.m/W)
- ρ_w = thermal resistivity of the moist soil $\square$ (K.m/W)
- θ_x = critical temperature of the soil and temperature of the boundary between dry and moist zones $\square$ (°C)
- θ_a = ambient temperature (°C)
- $\Delta\theta_x$ = critical temperature rise of the soil and temperature rise of the boundary between the dry and moist zones above the ambient temperature of the soil $\square$ ($\theta_x - \theta_a$) (K)

NOTE - T_4 is calculated using the thermal resistivity of the moist soil (ρ_w) using Sub-clause 9.3.2. Mutual heating by modification of the temperature rise as in Sub-clause 9.3.1 cannot be applied.

θ_x and ρ_d shall be determined from a knowledge of the soil conditions.

NOTE - The choice of suitable soil parameters is under consideration. In the meantime values may be agreed between manufacturer and purchaser.

3.2.2 D.C. cables up to 5 kV

The permissible current rating of a d.c. cable is obtained from the following simplification of the a.c. formula:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta + (v-1)\Delta\theta_x}{R' [T_1 + nT_2 + n(T_3 + vT_4)]} \right]^{0.5}$$

where:

- R' = direct current resistance per unit length of the conductor at maximum operating temperature (ohm/m)

3.3 Câbles enterrés dans le cas où un assèchement du sol est à éviter

3.3.1 Câbles à courant alternatif

Lorsqu'on souhaite éviter toute migration d'humidité en limitant l'échauffement de la surface externe du câble à une valeur inférieure ou égale à $\Delta\theta_x$, l'intensité de courant correspondante est obtenue à partir de:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta_x - nW_d T_4}{nRT_4 (1 + \lambda_1 + \lambda_2)} \right]^{0,5}$$

Cependant, pour certaines valeurs de $\Delta\theta_x$, la température de l'âme peut dépasser la température maximale admissible. Aussi, l'intensité de courant retenue doit être la plus faible des deux valeurs obtenues, soit par l'équation ci-dessus, soit par celle du paragraphe 3.1.1.

La résistance de l'âme R doit être calculée à la température appropriée, qui peut être plus faible que la valeur maximale admissible. Une estimation de la température de service doit être effectuée et, si nécessaire, celle-ci peut être modifiée ultérieurement.

NOTE - Pour ce qui concerne les câbles basse tension à quatre conducteurs, voir le dernier alinéa du paragraphe 3.1.1.

3.3.2 Câbles à courant continu jusqu'à 5 kV

L'intensité du courant admissible dans un câble à courant continu s'obtient par la simplification suivante de la formule en courant alternatif:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta_x}{nR' T_4} \right]^{0,5}$$

La résistance de l'âme R' doit être modifiée comme au paragraphe 3.2.2.

3.3 Plan de la recommandation

Renommer, page 20, ce paragraphe comme suit:

3.4 Plan de la recommandation

3.3 Buried cables where drying out of the soil is to be avoided

3.3.1 A.C. cables

Where it is desired that moisture migration be avoided by limiting the temperature rise of the cable surface to not more than $\Delta\theta_x$, the corresponding rating shall be obtained from:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta_x - nW_d T_4}{nRT_4 (1 + \lambda_1 + \lambda_2)} \right]^{0,5}$$

However, depending on the value of $\Delta\theta_x$, this may result in a conductor temperature which exceeds the maximum permissible value. The current rating used shall be the lower of the two values obtained, either from the above equation or from Sub-clause 3.1.1.

The conductor resistance R shall be calculated for the appropriate conductor temperature, which may be less than the maximum permitted value. An estimate of the operating temperature shall be made and, if necessary, subsequently amended.

NOTE - For four-core low-voltage cables see the final paragraph of Sub-clause 3.1.1.

3.3.2 D.C. cables up to 5 kV

The permissible current rating of a d.c. cable shall be obtained from the following simplification of the a.c. formula:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta_x}{nR' T_4} \right]^{0,5}$$

The conductor resistance R' shall be modified as in Sub-clause 3.2.2.

3.3 Layout of recommendation

Renumber, on page 21, this sub-clause as follows:

3.4 Layout of recommendation