

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Modification N° 4

Décembre 1978
à la

Publication 287
1969

Amendment No. 4

December 1978
to

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

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

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

Les projets de modifications furent discutés par le Sous-Comité 20A du Comité d'Etudes N° 20 de la CEI, à la suite de quoi le projet, document 20A(Bureau Central)56 fut diffusé pour approbation suivant la Règle des Six Mois en mars 1977.

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

The draft amendments were discussed by Sub-Committee 20A of IEC Technical Committee No. 20, as a result of which the draft, Document 20A(Central Office)56, was circulated for approval under the Six Months' Rule in March 1977.



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Les numéros de pages indiqués sont ceux de la réimpression de la première édition de la Publication 287 de la CEI, qui comprend les Modifications N^{os} 1 et 2.

INTRODUCTION

Les changements préconisés aux paragraphes 9.1 et 9.3.2 offrent des méthodes améliorées; dans le cas du paragraphe 9.1, la méthode devient plus précise et, dans le cas du paragraphe 9.3.2, la nouvelle méthode évite une répétition et est, par conséquent, plus rapide. La modification du paragraphe 9.4 offre une formule qui assure une plus grande précision dans le cas des câbles sous gaine métallique. La révision de la figure 7 offre une gamme plus étendue de valeurs.

Page 12

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

Après « λ_2 = rapport des pertes dans l'armure aux pertes totales dans tous les conducteurs » ajouter :

De la formule précédente, on déduit le courant admissible qui sera donné par l'expression :

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_a \left[\frac{1}{2} T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4) \right]}{RT_1 + n R(1 + \lambda_1) T_2 + n R(1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + T_4)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Effet des rayons solaires

Supprimer les mots suivants :

T_4 = résistance thermique externe du câble à l'air libre mais protégé des rayons solaires

Le courant admissible pour un câble posé à l'air libre, mais protégé des rayons solaires, est obtenu en supposant que $H = 0$.

Et les remplacer par ce qui suit :

T_4 = résistance thermique externe d'un câble à l'air libre, mais ajustée pour tenir compte des rayons solaires, voir le paragraphe 9.1.2.

Page 44

9. Résistivité thermique extérieure T_4

Après « 9.1 Câbles posés à l'air libre », ajouter le nouveau titre suivant :

9.1.1 Câbles protégés des rayons solaires

Le texte du paragraphe reste inchangé mais le nouveau paragraphe suivant est inséré avant « 9.2 Un seul câble enterré » :

The page numbers quoted are those of the reprint of the first edition of IEC Publication 287, which incorporated Amendments Nos. 1 and 2.

INTRODUCTION

The changes to Sub-clauses 9.1 and 9.3.2 provide better methods; in the case of Sub-clause 9.1, the method is more accurate and, for Sub-clause 9.3.2, the new method avoids repetition and is therefore quicker. The change to Sub-clause 9.4 provides a formula which gives greater accuracy with metal sheathed cables. The revision of Figure 7 provides a much wider range of values.

Page 13

3. Permissible a.c. current rating of cables

After " λ_2 = ratio of losses in the armouring to total losses in all conductors", add:

The permissible current rating is obtained from the above formula as follows:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d \left[\frac{1}{2} T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4) \right]}{RT_1 + n R(1 + \lambda_1) T_2 + n R(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Effect of solar radiation

Delete the following words:

T_4 = external thermal resistance of the cable in free air, but protected from solar radiation.

The permissible current rating for the cable in free air, but protected from solar radiation, is obtained by assuming $H = 0$.

And substitute:

T_4 = external thermal resistance of the cable in free air, adjusted to take account of solar radiation, see Sub-clause 9.1.2.

Page 45

9. External thermal resistance T_4

After "9.1 Cables laid in free air", add the following new heading:

9.1.1 Cables protected from solar radiation

The text of the sub-clause is unchanged but the following new sub-clause is inserted before "9.2 Single isolated buried cable":

9.1.2 Câbles soumis aux rayons solaires

Lorsqu'on doit tenir compte des rayons solaires, T_4 est calculé par la méthode du paragraphe 9.1.1 mais on doit remplacer la valeur de $\Delta\theta_a$ par:

$$\Delta\theta_{as} = W_a \left[\left(\frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \frac{1}{2} \right) T_1 - \frac{n\lambda_2 T_2}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \right] + \sigma D_e H \left[\frac{T_1 + n(1 + \lambda_1) T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2) T_3}{n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)} \right]$$

Page 48

9.3.2 Câbles identiques également chargés

Supprimer le texte existant de ce paragraphe et le remplacer par ce qui suit:

Le deuxième cas est celui d'un groupe de câbles identiques et également chargés pour lesquels le courant admissible est déterminé par le câble le plus chaud. Il est en général possible, d'après la configuration de l'installation, de déterminer ce câble et de ne faire le calcul que pour celui-ci. En cas de difficulté, on peut avoir à faire le calcul pour un autre câble du groupe. La méthode de calcul consiste à utiliser une valeur modifiée de T_4 tenant compte de l'échauffement mutuel des câbles du groupe et à ne plus modifier la valeur de $\Delta\theta$ dans l'équation de l'article 3.

La valeur modifiée de la résistance thermique externe T_4 pour $p^{\text{ième}}$ câble est donnée par:

$$T_4 = 0,366 \varrho_T \log_{10} \left\{ \left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right) \left[\left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}} \right) \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}} \right) \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}} \right) \right] \right\}$$

Il y a $(q - 1)$ termes, le terme $\frac{d'_{pp}}{d_{pp}}$ étant exclu.

Les distances d_{pk} , etc., sont les mêmes que celles qui sont indiquées par la figure 1, page 62 de la Publication 287, pour la première méthode.

L'expression simplifiée 2 u peut être utilisée à la place de $u + \sqrt{u^2 - 1}$ si les conditions nécessaires sont remplies (voir le paragraphe 9.2).

Pour les configurations de câbles simples, cette formule peut être considérablement simplifiée, comme l'indique l'exemple ci-dessous:

Dans le cas pratique de trois câbles ayant approximativement des pertes égales, posés en nappe horizontale à distance égale, la formule précédente peut s'écrire:

$$T_4 = 0,366 \varrho_T \left\{ \log_{10} \left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right) + \log_{10} \left[1 + \left(\frac{2L}{s_1} \right)^2 \right] \right\}$$

où:

$$u = \frac{L}{r_e}$$

L = distance de la surface du sol à l'axe du câble, cm

r_e = rayon extérieur du câble, cm

s_1 = distance entre axes de deux câbles voisins, cm

La valeur de T_4 est celle qui correspond au câble central du groupe, elle est à introduire directement dans les équations de l'article 3 sans modification.

9.1.2 Cables subjected to solar radiation

Where solar radiation is involved, T_4 is calculated by the method in Sub-clause 9.1.1 but the value of $\Delta\theta_a$ is replaced by:

$$\Delta\theta_{as} = W_d \left[\left(\frac{1}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} - \frac{1}{2} \right) T_1 - \frac{n\lambda_2 T_2}{1 + \lambda_1 + \lambda_2} \right] + \sigma D_e H \left[\frac{T_1 + n(1 + \lambda_1) T_2 + n(1 + \lambda_1 + \lambda_2) T_3}{n(1 + \lambda_1 + \lambda_2)} \right]$$

Page 49

9.3.2 Equally loaded identical cables

Delete the existing text of this sub-clause and substitute the following:

The second type of grouping is where the rating of a number of equally loaded identical cables is determined by the rating for the hottest cable. It is usually possible to decide from the configuration of the installation which cable will be the hottest, and to calculate the rating for this one. In cases of difficulty, a further calculation for another cable may be necessary. The method is to calculate a modified value of T_4 which takes into account the mutual heating of the group and to leave unaltered the value of $\Delta\theta$ used in the rating equation of Clause 3.

The modified value of the external thermal resistance T_4 of the p^{th} cable is given by:

$$T_4 = 0.366 \varrho_T \log_{10} \left\{ \left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right) \left[\left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}} \right) \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}} \right) \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}} \right) \right] \right\}$$

There are $(q - 1)$ terms, with the term $\frac{d'_{pp}}{d_{pp}}$ excluded.

The distances d_{pk} , etc., are the same as those shown in Figure 1, page 62, of Publication 287, for the first method.

The simpler version $2u$ may be used instead of $u + \sqrt{u^2 - 1}$ if suitable (see Sub-clause 9.2).

For simple configurations of cables, this formula may be simplified considerably. An example of this follows:

In the practical case of three cables having approximately equal losses, laid in a horizontal plane, equally spaced apart, the preceding formula can be written:

$$T_4 = 0.366 \varrho_T \left\{ \log_{10} \left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right) + \log_{10} \left[1 + \left(\frac{2L}{s_1} \right)^2 \right] \right\}$$

where:

$$u = \frac{L}{r_e}$$

L = distance from the surface of the ground to the cable axis, cm

r_e = external radius of one cable, cm

s_1 = axial separation between adjacent cables, cm

The value of T_4 is that of the centre cable of the group and is used directly in the equations in Clause 3 as they stand.

Lorsque les pertes dans les gaines de câbles unipolaires posés en nappe horizontale sont notables, leur inégalité affecte les résistances thermiques externes du câble le plus chaud. Dans ces cas, la valeur de T_4 à utiliser dans le numérateur de l'équation première, dérivée de l'article 3, est celle qui est donnée ci-dessus, mais une valeur modifiée de T_4 doit être utilisée dans le dénominateur et est donnée par:

$$T_4 = 0,366 \varrho_T \left[\log_{10} (u + \sqrt{u^2 - 1}) + \left[\frac{1 + 0,5 (\lambda_0^{(1)} + \lambda_0^{(2)})}{1 + \lambda_1} \right] \log_{10} \left[1 + \left(\frac{2L}{s_1} \right)^2 \right] \right]$$

Cela présuppose que le câble central est le câble le plus chaud. La valeur de λ_1 à utiliser dans l'équation de l'article 3 est celle qui correspond au câble central,

où:

$$u = \frac{L}{r_e}$$

L = distance de la surface du sol à l'axe du câble, cm

r_e = rayon extérieur du câble, cm

s_1 = distance entre axes de deux câbles voisins, cm

$\lambda_0^{(1)}$ = facteur de perte à la gaine pour un câble extérieur du groupe

$\lambda_0^{(2)}$ = facteur de perte à la gaine pour l'autre câble extérieur du groupe

λ_1 = facteur de perte à la gaine pour le câble central

Lorsque la valeur de u dépasse 10, le terme $(u + \sqrt{u^2 - 1})$ peut être remplacé par $2u$.

Page 50

9.4 Câbles enterrés posés en trèfle (jointifs)

Supprimer les mots suivants:

Pour des câbles uniformément chargés, posés en trèfle:

Et les remplacer par ce qui suit:

Pour des câbles uniformément chargés, posés en trèfle et non pourvus de gaines métalliques:

Ajouter à la fin du paragraphe:

Pour des câbles uniformément chargés, posés en trèfle et pourvus de gaines métalliques:

$$T_4 = 1,1 \varrho_T [\log_{10} (2u) - 0,273]$$

Dans ce cas, la résistance thermique des revêtements sur gaines, T_3 , doit être calculée par la formule suivante et non pas par celle du paragraphe 8.3:

$$T_3 = 0,584 \varrho_T \log_{10} \frac{D_e}{D_a}$$

où D_a est le diamètre intérieur du revêtement.

Page 68

FIGURE 7

Remplacer cette figure par la figure 7 révisée, page 8, qui couvre une gamme de valeurs plus étendue.

When the losses in the sheaths of single core cables laid in a horizontal plane are appreciable, their inequality affects the external thermal resistances of the hottest cable. In such cases, the value of T_4 to be used in the numerator of the first derived rating equation in Clause 3 is as given above, but a modified value of T_4 must be used in the denominator and is given by:

$$T_4 = 0.366 \varrho_T \left[\log_{10} (u + \sqrt{u^2 - 1}) + \left[\frac{1 + 0.5 (\lambda_0^{(1)} + \lambda_0^{(2)})}{1 + \lambda_1} \right] \log_{10} \left[1 + \left(\frac{2L}{s_1} \right)^2 \right] \right]$$

This assumes that the centre cable is the hottest cable. The value of λ_1 to be used in the rating equation of Clause 3 is that for the centre cable,

where:

$$u = \frac{L}{r_e}$$

L = distance from the surface of the ground to the cable axis, cm

r_e = external radius of one cable, cm

s_1 = axial separation between adjacent cables, cm

$\lambda_0^{(1)}$ = sheath loss factor for an outer cable of group

$\lambda_0^{(2)}$ = sheath loss factor for the other outer cable of the group

λ_1 = sheath loss factor for the centre cable

When the value of u exceeds 10, the term $(u + \sqrt{u^2 - 1})$ may be replaced by $2u$.

Page 51

9.4 Buried cables in trefoil (touching)

Delete the following words:

For the trefoil arrangement of equally loaded cables:

And substitute:

For the trefoil arrangement of equally loaded cables not having metallic sheaths:

Add at the end of the sub-clause:

For the trefoil arrangement of equally loaded cables provided with metallic sheaths:

$$T_4 = 1.1 \varrho_T [\log_{10} (2u) - 0.273]$$

In this case, the thermal resistance of the coverings over the sheath, T_3 , must be calculated by the following formula and not by the one given in Sub-clause 8.3:

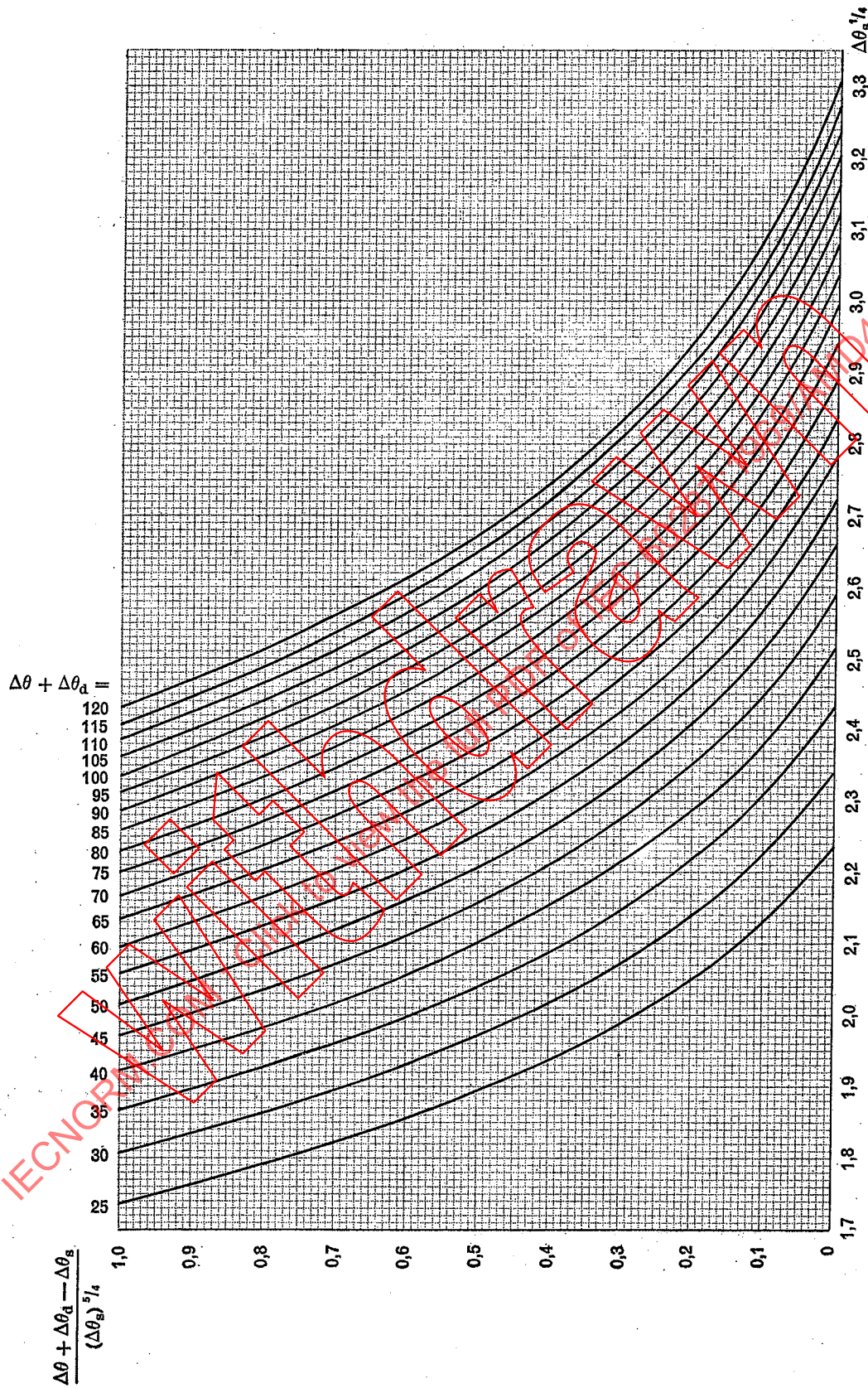
$$T_3 = 0.584 \varrho_T \log_{10} \frac{D_e}{D'_a}$$

where D'_a is the internal diameter of the covering.

Page 68

FIGURE 7

Replace this figure by the revised Figure 7, page 8, which covers a much wider range of values.



339/78

(Voir paragraphe 9.1) — (See Sub-clause 9.1)

FIG. 7. — Abaque pour le calcul de la résistance thermique externe T_4 des câbles dans l'air.
Graph for the calculation of external thermal resistance T_4 of cables in air.