NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60853-2

Première édition
First edition
1989-07

Calcul des capacités de transport des câbles pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours

Deuxième partie:
Régime cyclique pour des câbles de tensions supérieures à 18/30 (36) kV et régimes de secours pour des câbles de toutes tensions

Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables

Part 2:
Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages

© IEC 1989 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 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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 XA

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

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 6
PRÉFACE 6

SECTION UN — DONNÉES DE BASE

Articles

1. Introduction et domaine d'application 8
   1.1 Généralités 8
   1.2 Prise en compte de la capacité thermique du câble 8
   1.3 Conditions permettant de négliger la capacité thermique 10
   1.4 Indication des articles applicables aux types particuliers de câbles 12
      1.4.1 Calcul des réponses transitoires et des capacités de transport en régime de secours 12
      1.4.2 Capacités de transport en régime cyclique 12
2. Symboles 14
3. Plan de la présente norme 18

SECTION DEUX — RÉPONSE TRANSITOIRE EN TEMPÉRATURE

4. Réponse transitoire en température à l'application d'un échelon de courant 18
   4.1 Aspects généraux 18
      4.1.1 Données de base 18
      4.1.2 Critères permettant l'utilisation d'un facteur d'approche égal à l'unité 20
      4.1.3 Représentation du câble 20
      4.1.4 Critères de choix du circuit thermique 22
   4.2 Calcul des réponses transitoires partielles pour les longues durées ($> \frac{1}{3}T \cdot Q$) et les régimes de charge cycliques 24
      4.2.1 Représentation de l'isolant 24
      4.2.2 Représentation du câble 26
      4.2.3 Calcul de la réponse transitoire partielle du câble 32
      4.2.4 Calcul de la réponse transitoire partielle de l'environnement des câbles 32
   4.3 Calcul des réponses transitoires partielles pour les courtes durées ($\leqslant \frac{1}{3}T \cdot Q$) 34
      4.3.1 Représentation de l'isolant (câbles unipolaires et tripolaires) 34
      4.3.2 Représentation du câble 36
      4.3.3 Calcul de la réponse transitoire partielle du câble 40
      4.3.4 Calcul de la réponse transitoire partielle de l'environnement des câbles 42
   4.4 Calcul de la réponse transitoire complète en température 42
      4.4.1 Réponse transitoire en température 42
      4.4.2 Correction à la réponse transitoire en température pour tenir compte de la variation des pertes dans l'âme avec la température (régimes de secours seulement) 44
      4.4.3 Réponse transitoire en température causée par l'application brusque de tension (régime transitoire dû aux pertes diélectriques) 44

SECTION TROIS — CAPACITÉS DE TRANSPORT EN RÉGIME CYCLIQUE

5. Calcul du facteur de capacité de transport cyclique (M) 46
   5.1 Généralités 46
   5.2 Calcul du facteur de capacité de transport cyclique (en tenant compte de la capacité thermique du câble) 48
      5.2.1 Cycle de charge quelconque de forme connue 48
      5.2.2 Cycle de charge plafonné à une valeur constante 50
      5.2.3 Cycle de charge de forme inconnue mais dont le facteur de charge des pertes (μ) est connu 50
6. Calcul du facteur de charge des pertes (μ) 50
7. Calcul de $\frac{\theta_R(i)}{\theta_R(\infty)}$ 52
   7.1 Un seul câble tripolaire 52
   7.2 Un seul circuit 54
   7.3 Groupe de «N» câbles ayant des pertes égales; câbles ou fourreaux non jointifs 54
   7.4 Groupe de «N» circuits, composé de trois câbles unipolaires ou fourreaux identiques et jointifs, tous les câbles ayant des pertes égales 56

CONTENTS

Page

FOREWORD 7
PREFACE 7

SECTION ONE — BACKGROUND

Clause

1. Introduction and scope 9
   1.1 General 9
   1.2 Inclusion of cable thermal capacitance 9
   1.3 Conditions where thermal capacitance can be neglected 11
   1.4 Guide to clauses applicable to particular types of cable 13
      1.4.1 Transient calculation and emergency rating 13
      1.4.2 Cyclic rating 13
2. Symbols 15
3. Layout of this standard 19

SECTION TWO — TRANSIENT TEMPERATURE RESPONSE

4. Transient temperature response to a step function of current 19
   4.1 General aspects 19
      4.1.1 Background 19
      4.1.2 Criteria for the attainment factor to be unity 21
      4.1.3 Representation of the cable 21
      4.1.4 Criteria for selecting the thermal circuit 23
   4.2 Calculation of partial transients for long durations ($> \frac{1}{3}T \cdot Q$) and cyclic rating 25
      4.2.1 Representation of the dielectric 25
      4.2.2 Representation of the cable 27
      4.2.3 Calculation of cable partial transient 33
      4.2.4 Calculation of cable environment partial transient 33
   4.3 Calculation of partial transients for short duration ($\leqslant \frac{1}{3}T \cdot Q$) 35
      4.3.1 Representation of the dielectric (single and 3-core cables) 35
      4.3.2 Representation of the cable 37
      4.3.3 Calculation of cable partial transient 41
      4.3.4 Calculation of cable environment partial transient 43
   4.4 Calculation of the complete temperature transient 43
      4.4.1 Transient temperature response 43
      4.4.2 Correction to transient temperature response for variation in conductor losses with temperature (emergency ratings only) 45
      4.4.3 Transient temperature response caused by sudden application of voltage (transient due to dielectric loss) 45

SECTION THREE — CYCLIC RATINGS

5. Computation of the cyclic rating factor (M) 47
   5.1 General 47
   5.2 Calculation of cyclic rating factor (including cable thermal capacitance) 49
      5.2.1 Any load cycle of known shape 49
      5.2.2 Flat top load cycle 51
      5.2.3 Load cycle of unknown shape but with a known loss-load factor (μ) 51
6. Calculation of loss-load factor (μ) 51
7. Calculation of $\frac{\theta_R(i)}{\theta_R(\infty)}$ 53
   7.1 Single isolated 3-core cable 53
   7.2 Single isolated circuit 55
   7.3 Group of "N" cables with equal losses; cables or ducts not touching 55
   7.4 Group of "N" circuits, each of three single-core identical touching cables or ducts, all cables having equal losses 57

Articles SECTION QUATRE — CAPACITÉS DE TRANSPORT EN RÉGIME DE SECOURS Pages

8. Calcul des capacités de transport en régime de secours 56
8.1 Circuits thermiquement séparés 56
8.2 Groupes de circuits 58
9. Bibliographie 60

ANNEXE A — Réduction d'un circuit thermique multiple à un circuit à deux cellules 62
ANNEXE B — Variation de température transitoire moyenne à travers l'isolant ou à travers l'huile de remplissage des tuyaux 66
ANNEXE C — Méthode applicable à différentes valeurs de résistivité du sol, diffusivité thermique du sol et profondeur de pose 70
ANNEXE D — Diffusivité du sol 72
ANNEXE E — Constantes physiques des matériaux 74
ANNEXE F — Exemples 78
FIGURES 97

Clause — SECTION FOUR — EMERGENCY RATINGS — Page

8. Calculation of emergency ratings . . . 57
8.1 Thermally isolated circuits . . . 57
8.2 Groups of circuits . . . 59
9. Bibliography . . . 61

APPENDIX A — Reduction of a multiple thermal circuit to one having two sections . . . 63
APPENDIX B — Transient average temperature variation through dielectric or through oil filling in pipes . . . 67

APPENDIX C — Method for dealing with different soil resistivities, thermal diffusivities and depths of laying . . . 71

APPENDIX D — Diffusivity of soil . . . 73
APPENDIX E — Physical constants of materials . . . 75
APPENDIX F — Examples . . . 79
FIGURES . . . 97

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CALCUL DES CAPACITÉS DE TRANSPORT DES CÂBLES POUR LES RÉGIMES DE CHARGE CYCLIQUES ET DE SURCHARGE DE SECOURS

Deuxième partie: Régime cyclique pour des câbles de tensions supérieures à 18/30 (36) kV et régimes de secours pour des câbles de toutes tensions

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes n° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
20A(BC)104	20A(BC)111

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n^{os} 287 (1982): Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%).

853-1 (1985): Calcul des capacités de transport des câbles pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours, Première partie: Facteurs de capacité de transport cyclique pour des câbles de tensions inférieures ou égales à 18/30 (36) kV.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CALCULATION OF THE CYCLIC AND EMERGENCY CURRENT RATING OF CABLES

Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages

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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules insofar as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

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

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

Six Months' Rule	Report on Voting
20A(CO)104	20A(CO)111

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 287 (1982): Calculation of the continuous current rating of cables (100% Load Factor).

853-1 (1985): Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables, Part 1: Cyclic rating factor for cables up to and including 18/30 (36) kV.

CALCUL DES CAPACITÉS DE TRANSPORT DES CÂBLES POUR LES RÉGIMES DE CHARGE CYCLIQUES ET DE SURCHARGE DE SECOURS

Deuxième partie: Régime cyclique pour des câbles de tensions supérieures à 18/30 (36) kV et régimes de secours pour des câbles de toutes tensions

---

SECTION UN — DONNÉES DE BASE

1. Introduction et domaine d'application

1.1 *Généralités*

La présente norme fournit des méthodes manuelles de calcul des facteurs de capacité de transport en régime cyclique pour des câbles dont la capacité thermique interne ne peut pas être négligée; il s'agit généralement de câbles de tensions supérieures à 18/30 (36) kV. Cette norme donne également une méthode de calcul des capacités de transport en régime de secours pour des câbles de tout niveau de tension. La première partie de la norme traite des facteurs de capacité de transport cyclique de câbles de tensions inférieures ou égales à 18/30 (36) kV dont la capacité thermique interne peut être négligée.

Dans les cas où cette capacité thermique interne doit être prise en compte, le calcul de la réponse transitoire en température du câble et de son environnement est nécessaire pour déterminer les facteurs de capacité de transport cyclique.

Les formules recommandées dans cette norme contiennent des grandeurs qui varient avec la constitution du câble et les matériaux utilisés. Les valeurs données dans les tableaux sont soit approuvées au plan international, par exemple les coefficients de température de la résistance, soit généralement utilisées dans la pratique, par exemple les résistivités thermiques et les capacités thermiques volumiques des matériaux. Afin que les résultats uniformes et comparables puissent être obtenus, il est recommandé que le calcul des capacités de transport pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours soit effectué avec les valeurs indiquées dans la présente norme. Cependant, lorsque l'on sait avec certitude que d'autres valeurs sont plus appropriées aux matériaux et à la constitution d'un câble donné, elles peuvent être utilisées, à condition de l'indiquer lors du calcul des intensités de courant en régimes cycliques et de secours correspondant à ces valeurs.

Jusqu'à présent, on n'a pas tenu compte des effets éventuels de la migration de l'humidité sur la résistivité thermique du sol. Cette approche est en accord avec celle qui a déjà été utilisée dans la Publication 287 de la CEI pour le calcul de capacités de transport en régime permanent dans un sol uniforme. Des méthodes permettant de tenir compte des zones du sol ayant des caractéristiques thermiques différentes ainsi que de l'assèchement du sol sont à l'étude.

La façon de tenir compte de la variation de la résistance de l'âme avec la température est indiquée plus loin.

CALCULATION OF THE CYCLIC AND EMERGENCY CURRENT RATING OF CABLES

Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages

---

SECTION ONE — BACKGROUND

1. Introduction and scope

1.1 *General*

This standard gives manual methods for calculating cyclic rating factors for cables whose internal thermal capacitance cannot be neglected; in general this applies to cables for voltages greater than 18/30 (36) kV. It also gives a method for calculating the emergency rating for cables of any voltage. Part I of the standard dealt with cyclic rating factors for cables of voltages not greater than 18/30 (36) kV where the internal thermal capacitance could be neglected.

To determine the cyclic rating factors where the internal thermal capacitance cannot be neglected it is necessary to calculate the transient temperature response of the cable and its environment.

The formulae recommended in this standard contain quantities which vary with cable design and materials used. The values given in the tables are either internationally agreed, for example, resistance temperature coefficients, or are those which are generally accepted in practice, for example, thermal resistivities and volumetric specific heats of materials. In order that uniform and comparable results may be obtained, the cyclic and/or emergency current ratings should be calculated with the values given in this standard. However, where it is known with certainty that other values are more appropriate to the materials and design, then these may be used, and the corresponding cyclic/emergency current rating declared in addition, provided that the different values are quoted.

No account has been taken at present of possible effects of moisture migration on the thermal resistivity of the soil. This is in line with the approach already adopted for the calculation of steady state ratings in uniform soil as given in IEC Publication 287. Methods for dealing with regions having different thermal characteristics and with drying out of the soil are under consideration.

A means of incorporating the effect of change in conductor resistance with temperature is included.