

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60882**

Première édition
First edition
1986-12

**Prescriptions de préchauffage pour lampes
tubulaires à fluorescence sans starter**

**Pre-heat requirements for starterless
tubular fluorescent lamps**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60882: 1986

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.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60882**

Première édition
First edition
1986-12

**Prescriptions de préchauffage pour lampes
tubulaires à fluorescence sans starter**

**Pre-heat requirements for starterless
tubular fluorescent lamps**

© IEC 1986 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 Varembé 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

H

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Prescriptions pour le chauffage de cathode	6
2.1 Période d'allumage	6
2.2 Période de fonctionnement	8
3. Définition plus détaillée des précédentes prescriptions de chauffage des cathodes pour quelques types de circuits de lampes	10
3.1 Circuits à chauffage parallèle et à tension de chauffage cathodique constante	10
3.2 Circuits d'allumage séquentiels	12
3.3 Circuits à chauffage parallèle et à tension de chauffage cathodique variable	12
3.4 Circuits à chauffage en série	12
4. Résumé	14

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Cathode heating requirements	7
2.1 Starting period	7
2.2 Operating period	9
3. More precise definition of the above cathode heating requirements for several types of lamp circuits	11
3.1 Parallel heating circuits with constant cathode heating voltage	11
3.2 Sequence start circuits	13
3.3 Parallel heating circuits with variable cathode heating voltage	13
3.4 Series heating circuits	13
4. Summary	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PRESCRIPTIONS DE PRÉCHAUFFAGE
POUR LAMPES TUBULAIRES À FLUORESCENCE
SANS STARTER**

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

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 34A: Lampes, et le Sous-Comité 34C: Appareils auxiliaires pour lampes à décharge, du Comité d'Etudes n° 34 de la C E I: Lampes et équipements associés.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
34A/C(BC)311/139	34A/C(BC)336/141

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

On espère que les renseignements présentés ici seront utiles aux personnes chargées de rédiger des spécifications pour ces types de lampes et de ballasts. Ils devraient aussi servir aux concepteurs de ces lampes et ballasts.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PRE-HEAT REQUIREMENTS FOR STARTERLESS
TUBULAR FLUORESCENT LAMPS**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 I E C expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the I E C recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the I E C recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by Sub-Committee 34A: Lamps, and Sub-Committee 34C: Auxiliaries for Discharge Lamps, of I E C Technical Committee No. 34: Lamps and Related Equipment.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
34A/C(CO)311/139	34A/C(CO)336/141

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the table above.

It is hoped that the information presented here will be useful to those persons engaged in writing specifications for these types of lamps and ballasts. It should also be useful to designers of such lamps and ballasts.

PRESRIPTIONS DE PRÉCHAUFFAGE POUR LAMPES TUBULAIRES À FLUORESCENCE SANS STARTER

1. Introduction

Ce rapport stipule les conditions techniques essentielles requises pour le chauffage des cathodes des lampes tubulaires à fluorescence à cathodes préchauffées, destinées à être utilisées dans des circuits sans starter, à la fréquence de 50 Hz ou de 60 Hz. Les prescriptions énoncées sont celles requises, en ce qui concerne les conditions de chauffage des cathodes, pour obtenir un fonctionnement fiable des lampes. Les ballasts utilisés pour le fonctionnement de ces lampes devront fournir des tensions et des courants de chauffage de cathodes satisfaisant à ces prescriptions fondamentales.

Pour spécifier les conditions de chauffage des cathodes, il est nécessaire de considérer deux modes de fonctionnement des cathodes, à savoir:

- a) La période d'allumage, lorsque la fonction chauffage de cathodes est de faciliter l'amorçage de l'arc.
- b) La période de fonctionnement, lorsque la fonction chauffage de cathodes devra maintenir la décharge dans le gaz.

2. Prescriptions pour le chauffage de cathode

2.1 Période d'allumage

2.1.1 Température minimale des cathodes

Afin d'assurer un allumage correct, les cathodes devront être portées à une température supérieure à leur température d'émission; en effet, l'allumage à froid des lampes à cathodes préchauffées cause un dommage au matériau émissif des cathodes, réduisant ainsi la durée de vie des lampes. Une puissance électrique minimale est donc nécessaire afin d'échauffer suffisamment la cathode avant que l'arc ne s'amorce. Cette puissance peut être définie soit par le courant minimal à travers la cathode, soit par la tension minimale aux bornes de la cathode, déterminés tous deux en fonction d'une valeur de résistance de cathode choisie arbitrairement.

En outre, il convient de prendre en considération la durée de l'allumage; pour assurer à la lampe une durée de vie suffisante, cette durée devra être aussi courte que possible. Afin de tenir compte des variations de la température ambiante, de celles des caractéristiques des lampes, etc., les ballasts sont conçus de telle façon que leur tension de référence en circuit ouvert soit nettement supérieure à la tension d'amorçage de la lampe à température d'émission de cathode. Un allumage à froid peut en résulter si les cathodes ne sont pas chauffées assez rapidement, ce qui devra être évité. Le temps nécessaire pour atteindre la température d'émission peut être maintenu court par l'utilisation du «courant d'appel». La résistance de la cathode étant faible aux basses températures, un courant élevé traversera la cathode si la résistance interne du ballast est suffisamment basse.

Une courte durée de préchauffage peut également être obtenue par d'autres moyens, tels que la construction de ballast à tension de préchauffage élevée, cette tension diminuant fortement après l'amorçage, ou l'application d'une intensité considérable, qui va aussi diminuer après l'amorçage, à travers la cathode indépendamment de la résistance de celle-ci.

Du point de vue de l'allumage, il est donc toujours préférable de concevoir un ballast pour une tension ou un courant de préchauffage élevé plutôt que bas.

PRE-HEAT REQUIREMENTS FOR STARTERLESS TUBULAR FLUORESCENT LAMPS

1. Introduction

This report states basic technical requirements for cathode heating of tubular fluorescent lamps having pre-heated cathodes and intended for use in starterless circuits at a frequency of 50 Hz or 60 Hz. The requirements presented are those needed, as far as cathode heating conditions are concerned, to obtain reliable lamp performance. Ballasts used for the operation of these lamps should supply cathode heating voltages and currents in accordance with these basic requirements.

In specifying cathode heating conditions, two operation modes of the cathodes need to be considered. These are:

- a) The starting period, when the function of cathode heating is to facilitate the striking of the arc.
- b) The operating period, when the function of cathode heating should maintain the gas discharge.

2. Cathode heating requirements

2.1 *Starting period*

2.1.1 *Minimum cathode temperature*

For a good ignition, the cathodes should be brought above their emission temperature, as cold starting of lamps with pre-heated cathodes causes damage to the emitter of the cathodes, thus shortening lamp life. A minimum power is required to heat the cathode sufficiently before the arc strikes. This power may be stated either as a minimum current through the cathode, or as a minimum voltage across the cathode terminals, both related to an arbitrarily chosen cathode resistance value.

In addition the ignition time should be taken into account and to ensure satisfactory lamp life this time should be kept as short as possible. To take care of variations in ambient temperature, lamp characteristics, etc., ballasts are designed so that their design open-circuit voltage is far above the ignition voltage of the lamp at the emission point. This can cause cold starting if the cathodes are not heated sufficiently quickly, which should be prevented. The time to reach emission temperature can be kept short by making use of the so-called inrush current. At low cathode temperatures the cathode resistance is low and a high current will flow through the cathode if the internal resistance of the transformer or ballast is sufficiently low.

Other ways to achieve a short pre-heat time are either to design a ballast with a high pre-heating voltage which decreases considerably after the arc strikes or, independently of the cathode resistance value, cause a high current which also decreases after the arc strikes, to flow through the cathode.

From the ignition point of view it is always better to design a ballast for a high pre-heat voltage or current rather than for a low one.

2.1.2 *Température maximale des cathodes*

En sus de la limite inférieure de température de cathode, une limite supérieure est nécessaire afin d'éviter une évaporation excessive du matériau de la cathode. Dans la plupart des cas, la durée de l'allumage est toutefois si courte qu'il n'y a pas lieu de craindre de détérioration importante, même lorsque la tension de préchauffage est très élevée.

Un autre phénomène qui se produit à des tensions élevées aux bornes de la cathode est ce qu'on appelle la «décharge transverse». De telles décharges engendrent des courants considérables si la résistance interne du transformateur est faible. Des courants trop élevés peuvent endommager les filaments cathodiques, les entrées de courant des cathodes, ainsi que l'enroulement du transformateur. D'autre part, la décharge transverse peut faciliter l'amorçage d'arcs et certains constructeurs l'utilisent à cet effet. Cela est admissible à condition que le courant soit limité par une résistance interne de valeur suffisamment élevée de l'enroulement du ballast.

Afin d'éviter l'évaporation excessive de la cathode, on devra spécifier, en fonction du type de circuit utilisé (voir l'article 3), une tension ou un courant maximal de préchauffage, en relation avec une valeur arbitraire de résistance de la cathode. Si cette limite supérieure est assez élevée pour rendre possible une décharge transverse aux bornes de la cathode, il devient nécessaire d'ajouter une prescription supplémentaire concernant le courant maximal pendant une telle condition d'arc. Un essai supplémentaire est alors requis pour contrôler la valeur de ce courant (voir paragraphe 3.3).

2.2 *Période de fonctionnement*

2.2.1 *Chauffage minimal des cathodes*

Après l'amorçage, la cathode est chauffée par deux courants, à savoir le courant d'arc et le courant de chauffage de la cathode. Bien que le courant d'arc suffise à lui seul pour maintenir la cathode à une température permettant le fonctionnement de la lampe, la durée de vie de celle-ci est sensiblement allongée si l'on assure le chauffage supplémentaire continu de la cathode pendant toute la période de fonctionnement. Il est par conséquent souhaitable de spécifier une tension ou un courant minimal de chauffage des cathodes pendant le fonctionnement. Dans certains cas spéciaux, comme celui des lampes utilisées dans les circuits gradateurs de lumière, la spécification d'une limite inférieure pour ce chauffage supplémentaire devient impérative.

2.2.2 *Chauffage maximal des cathodes*

La limitation de la puissance fournie à la cathode pendant le fonctionnement de la lampe est très importante, du fait qu'une température de cathode trop élevée produit une évaporation excessive du matériau émissif et par conséquent le noircissement de la lampe et la diminution de sa durée de vie. Cette limitation se traduit dans les spécifications soit par un courant maximal dans l'un quelconque des conducteurs aboutissant à la cathode, soit par une tension cathodique maximale.

Spécifier une tension cathodique maximale pour en limiter la température n'est pas vraiment une méthode fondamentalement correcte; en effet, pour une tension donnée aux bornes de la cathode, l'ordre de grandeur du courant total dans une partie de cette cathode dépendra du déphasage entre le courant d'arc et le courant de chauffage de la cathode. Le courant maximal dans une des entrées de cathode peut donc varier — théoriquement — entre 100% et 200% du courant d'arc. L'avantage de la méthode voltométrique réside toutefois dans la simplicité de la spécification et de son mesurage. Une telle spécification est pleinement justifiée s'il s'agit d'un ballast de conception définie. Elle est utilisée le plus souvent dans les cas où l'on sait que les enroulements cathodiques à basse tension sont placés directement au-dessus de l'enroulement primaire du

2.1.2 *Maximum cathode temperature*

An upper limit of cathode temperature is necessary in addition to the lower limit as excessive evaporation of the cathode material should be prevented. In many cases, however, the ignition time is so short that no serious damage may be expected even when the pre-heat voltage is extremely high.

Another phenomenon that occurs across the cathode terminals at high voltages is so-called transverse arcing. Such discharges cause high currents if the internal resistance of the transformer is low. Too high a current can cause damage to the inner cathode tails, to the cathode lead-in wires, and to the winding of the transformer. On the other hand transverse arcing can help to initiate the arc discharge and some designers make use of it. This is satisfactory provided the current is limited by ensuring a sufficiently high value for the internal resistance of the ballast winding.

Depending on which circuit is involved (see Clause 3) a maximum pre-heat current or voltage, related to an arbitrary resistance value, should be specified to prevent excessive evaporation of the cathode. If the maximum limit is high enough to permit transverse arcing across the cathode, it becomes necessary to have a supplementary specification of a maximum current during the transverse arcing condition. An additional test is needed to check the value of this current (See Sub-clause 3.3).

2.2 *Operating period*

2.2.1 *Minimum cathode heating*

After the arc has struck, the cathode is heated by two currents, the arc current and the cathode heating current. Although the arc current alone will keep the cathode warm enough to permit operation of the lamp, the life of the lamp will be appreciably lengthened by supplying supplementary cathode heating throughout the operating period. Therefore it is desirable to specify a minimum cathode heating voltage, or current, during operation. In certain special cases, such as for lamps used in dimming circuits, the minimum value for this supplementary heating becomes imperative.

2.2.2 *Maximum cathode heating*

Limitation of the power supplied to the cathode during lamp operation is very important, because high temperatures of the cathode cause evaporation of the cathode emissive coating. This results in lamp blackening and reduction of life. This limitation is stated in specifications either as a maximum allowable current in any lead to the cathode, or as a maximum cathode voltage.

The specification of a maximum cathode voltage is not a truly fundamental method of controlling maximum cathode temperature because, for a given voltage across the cathode terminals, the magnitude of the total current in one part of the cathode will depend upon the phase angle between the arc current and the cathode heating current. Thus the maximum current in one of the cathode leads can — theoretically — vary from approximately 100% to 200% of the arc current. The advantage of the voltage method is its simplicity of specification and measurement. For a given design of ballast it is fully satisfactory. It is used most often where it is known that the low-voltage cathode windings will be placed directly over the primary of the ballast step-up transformer. Under these conditions of ballast design the phase angle between the two currents will

transformateur élévateur du ballast. Dans ces conditions de construction du ballast, le déphasage des deux courants ne différera pas sensiblement d'un ballast à l'autre. La spécification d'une tension maximale limite donc le courant maximal dans une quelconque des entrées de cathode.

3. Définition plus détaillée des précédentes prescriptions de chauffage des cathodes pour quelques types de circuits de lampes

3.1 *Circuits à chauffage parallèle et à tension de chauffage cathodique constante / Construction habituelle: cathodes à faible résistance*

Le terme «constante» signifie que la tension de chauffage cathodique ne change pas après l'amorçage de l'arc. Chaque cathode est directement reliée à une source de tension indépendante ayant une résistance interne réduite.

En ce qui concerne les conditions minimales de préchauffage, une tension minimale de préchauffage devra être spécifiée afin d'éviter l'allumage à froid. Etant donné la résistance interne réduite des transformateurs de chauffage, la durée de l'allumage est courte, grâce au courant d'appel.

Une limite supérieure pour la tension de chauffage cathodique pendant la période d'allumage s'impose pour éviter l'évaporation excessive du matériau de la cathode. Cette limite pourrait être superflue s'il était certain que la durée de l'allumage soit toujours très courte et que la lampe s'amorce très vite. Cependant, pour tenir compte des différentes combinaisons des conditions d'allumage, il est indispensable de prévoir une limite supérieure pour protéger la cathode. Si cette limite supérieure de tension est compatible avec une décharge transverse, une prescription supplémentaire devient nécessaire pour limiter le courant de chauffage de cathode tant que circule le courant de décharge transverse.

Une autre méthode de limitation de la température de cathode consiste à utiliser une limite supérieure en cours de fonctionnement pour le courant circulant dans toute entrée de cathode. Etant donné que, dans ce type de ballast, la tension cathodique demeure sensiblement la même après l'allumage de la lampe, le recours à la limitation du courant en cours de fonctionnement a pour effet de limiter également le courant cathodique pendant l'intervalle d'allumage.

Une tension minimale de chauffage de cathode pendant le fonctionnement de la lampe est nécessaire si l'on désire que la lampe atteigne sa durée de vie maximale. Une lampe est toujours apte à fonctionner même si le chauffage supplémentaire de cathode tombe à zéro après l'allumage, mais la durée de vie de la lampe est alors sensiblement raccourcie. Pour certains usages spéciaux, tels que les circuits gradateurs de lumière, le chauffage supplémentaire de cathode est indispensable.

La spécification d'un courant maximal dans toute entrée de cathode est la méthode la plus fondamentale pour fixer une limite supérieure au chauffage supplémentaire de cathode en période de fonctionnement. Elle devra toujours être appliquée, sauf s'il est établi que les ballasts utilisés sont toujours de conception suffisamment similaire pour permettre de prescrire une tension maximale. Ces conditions sont remplies dans certains pays et, dans ce cas, la prescription d'une tension maximale s'est avérée satisfaisante.

L'attention est attirée sur le fait que si la tension en circuit ouvert aux bornes d'une lampe est trop élevée, cette lampe peut s'allumer sans que la cathode soit suffisamment chauffée. Dans ces conditions, des pulvérisations de la cathode et de son matériau émissif peuvent se produire. Ceci conduit au noircissement des extrémités de la lampe et à une durée de vie réduite. On devra donc faire attention à ce que la tension en circuit ouvert ne soit pas assez élevée pour que cela puisse se produire.

not vary significantly from one ballast to another. Therefore the voltage specification controls the maximum current to any lead to a cathode.

3. More precise definition of the above cathode heating requirements for several types of lamp circuits

3.1 *Parallel heating circuits with constant cathode heating voltage / Normal cathode design: low-resistance cathode*

The term "constant" means that the cathode heating voltage does not change after the arc has struck. Each cathode is connected directly to an independent voltage source of low internal resistance value.

With regard to the minimum pre-heat conditions, a minimum pre-heat voltage should be specified in order to prevent cold starting. Due to the low internal resistance value of the transformers, the ignition time will be short by virtue of the inrush current.

A maximum limit of the cathode heating voltage during the starting period is necessary to prevent excessive evaporation of the cathode material. If it were certain that the starting interval would always be very short and that the lamp would start very quickly, such a limit may not be needed. In order to cover the various combinations of starting conditions it is essential to establish a maximum limit that will protect the cathode. If the maximum voltage limit is high enough to permit transverse arcing then it becomes necessary to have a supplementary specification to limit the cathode heating current during the interval when the transverse arc current is flowing.

Another means of controlling the maximum cathode temperature is the use, during operation, of a maximum limit for the current in any lead to a cathode. Because the cathode voltage in this kind of a ballast does not change significantly when the lamp starts, the use of the current limit during operation has the effect of controlling the cathode current during the starting interval as well.

A minimum cathode heating voltage during lamp operation is needed if maximum lamp life is to be obtained. A lamp is still able to operate even though the supplementary cathode heating drops to zero after the lamp starts but the life of the lamp will be appreciably shortened. For special applications, such as dimming circuits, it is imperative to retain the supplementary cathode heating.

Specification of a maximum current in any lead to a cathode is the most fundamental method of setting an upper limit for the supplementary cathode heating during operation. It should always be used unless it is known that the ballasts involved will always be of sufficiently similar design to permit the use of a maximum voltage specification. In some countries, however, these conditions do prevail and a maximum voltage specification has been found to be satisfactory.

Attention is drawn to the fact that lamps may start without adequate cathode heating if the open circuit voltage across the lamp terminals is too high. Under these conditions sputtering of the cathode and its emissive coating may take place. This will result in end blackening and short life. Care should be taken to ensure that the open circuit voltage is not high enough to allow this to occur.

3.2 *Circuits d'allumage séquentiels / Construction habituelle: cathodes à faible résistance*

Dans ces circuits, deux lampes fonctionnent en série sur un même ballast. Le principe de chauffage des cathodes est le même que pour les circuits mentionnés au paragraphe 3.1. Cependant, lorsqu'une lampe fait défaut et ne s'allume pas, l'autre lampe qui est encore en bon état ne peut pas non plus s'allumer. Pour éviter l'évaporation cathodique de cette lampe, qui fonctionne en régime de décharge lumineuse, la tension maximale de préchauffage des cathodes devra être limitée. Toutes les autres prescriptions sont les mêmes qu'au paragraphe 3.1.

3.3 *Circuits à chauffage parallèle et à tension de chauffage cathodique variable / Construction habituelle: cathodes à haute résistance*

A la différence des circuits à tension de chauffage constante, la tension aux bornes de la cathode, dans ces circuits, diminue fortement après l'allumage. Dans ces circuits, les constructeurs peuvent utiliser les décharges transverses pour faciliter l'amorçage de l'arc.

Dans les spécifications, il faut soit que la tension maximale de préchauffage soit maintenue inférieure à la tension d'amorçage d'une décharge transverse, soit qu'une prescription supplémentaire concernant la résistance des circuits de chauffage cathodique du ballast soit introduite.

Un ballast produisant une tension de chauffage cathodique inférieure à la tension de décharge transverse répond à une telle prescription. Un ballast dépassant cette valeur doit être soumis à un essai supplémentaire, consistant à contrôler si le courant traversant une résistance donnée, d'une valeur inférieure à celle utilisée pour la limitation de la tension de chauffage, ne dépasse pas une certaine limite maximale.

La valeur de cette seconde résistance est calculée par la formule qui suit. Elle représente l'impédance typique d'une décharge cathodique transverse au courant limite «de sécurité» admissible.

$$R_r = \frac{V_t}{2,1 \times I_n}$$

où:

R_r = valeur de la résistance d'essai

V_t = tension de décharge transverse, généralement 11 V

I_n = courant nominal de fonctionnement de la lampe

Toutes les autres prescriptions sont les mêmes que pour les ballasts à circuit parallèle du paragraphe 3.1.

3.4 *Circuits à chauffage en série / Construction habituelle: cathodes à faible résistance*

Dans ces circuits, les cathodes sont chauffées en série avec un ballast à impédance élevée. Le courant traversant les cathodes est dans ce cas pratiquement indépendant de leur résistance. A cause de l'impédance élevée du circuit, les cathodes s'échauffent plus lentement. Pour réduire le risque d'allumage à froid à cause de la longue durée du préchauffage, il est donc nécessaire de spécifier un courant minimal plus élevé que dans le cas des circuits à chauffage parallèle.

Dans ces circuits, le courant de préchauffage est proportionnel à la tension d'alimentation; de ce fait, il est plus correct de prescrire un courant minimal et un courant maximal de préchauffage qu'une limite à la tension de préchauffage. Pour le courant maximal de préchauffage, une valeur élevée peut être prescrite car les décharges transverses, si elles se produisent, sont limitées par l'impédance du ballast.

Une limite supérieure pour le chauffage des cathodes en période de fonctionnement de lampe est nécessaire et peut être très aisément définie en spécifiant un courant maximal dans toute entrée de cathode.

3.2 *Sequence start circuits / Normal cathode design: low-resistance cathodes*

In these circuits, two lamps are operated in series on one ballast. The principles of cathode heating are the same as mentioned for the circuits under Sub-clause 3.1. However, when one lamp has failed and does not start, the other lamp, still in good condition, cannot ignite. To prevent cathode evaporation in the lamp operating in a glow discharge condition, the maximum pre-heat voltage should be limited. All other requirements are the same as for Sub-clause 3.1.

3.3 *Parallel heating circuits with variable cathode heating voltage / Normal cathode design: high-resistance cathodes*

Such circuits differ from the circuits with constant heating voltage in that the voltage across the cathode is considerably reduced after starting has occurred. For these circuits designers can make use of transverse arcing to initiate the arc.

In specifications, the maximum pre-heat voltage should either be limited to a value below the transverse arcing voltage or an additional requirement should be established to control the resistance of the cathode heating circuits of the ballast.

A ballast producing a cathode heating voltage below the transverse arcing voltage complies with the specification. A ballast which exceeds this value should pass a further test which is stated in the form of a maximum current through a resistor having a lower resistance value than the one used for voltage limitation.

The value for the second resistor is calculated by means of the equation given below. It represents the typical cathode transverse arc impedance at the limiting "safe" current.

$$R_r = \frac{V_t}{2.1 \times I_n}$$

where:

R_r = the value of the test resistor

V_t = the transverse arcing voltage, usually 11 V

I_n = the nominal running current of the lamp

All other requirements are the same as for ballasts for parallel circuits in Sub-clause 3.1.

3.4 *Series heating circuits / Normal cathode design: low-resistance cathodes*

In these circuits, the cathodes are heated in series with a large ballast impedance. This makes the current through the cathode practically independent of the cathode resistance value. Due to the large impedance the cathodes will warm up more slowly. Therefore, to reduce the risk of cold starting due to long pre-heat times, it is necessary to specify a higher minimum current compared with parallel heating circuits.

In these circuits, the pre-heat current is proportional to the supply voltage, therefore the specification of a minimum and maximum pre-heat current is more correct than voltage limits. A high value for the maximum pre-heat current can be specified because the transverse arcing currents, if any, are limited by the impedance of the ballast.

A maximum limit on cathode heating during lamp operation is needed and it is most easily established by specifying a maximum current in any lead to a cathode.

4. Résumé

Au point de vue des lampes, il est nécessaire de spécifier pour le ballast :

Pendant la période d'allumage :

- a) Une tension ou un courant de préchauffage minimal, pour éviter l'allumage à froid.
- b) Une tension ou un courant de préchauffage maximal, afin d'éviter l'évaporation du matériau des cathodes ou les décharges transverses, sous réserve de permettre, dans certaines conditions, le dépassement de ces limites.

Pendant le fonctionnement de la lampe :

- a) Une tension ou un courant de chauffage cathodique minimal, si l'on recherche une durée de vie maximale des lampes.
- b) Un courant maximal dans toute entrée de cathode, pour éviter de réduire la durée de vie des lampes.

Ces conditions sont résumées de la façon suivante :

- a) La spécification d'un courant maximal dans toute entrée de cathode en mode de fonctionnement s'impose pour tous les circuits, excepté que, dans certains cas, on peut y substituer une limite supérieure pour la tension aux bornes des cathodes.
- b) Dans certains circuits, la spécification d'une limite inférieure pour le chauffage de cathode pendant le fonctionnement de la lampe est nécessaire si l'on veut obtenir une durée maximale de la lampe.
- c) La spécification des conditions de préchauffage est, comme suit, différente selon les types de circuit :
 - i) Dans le cas des circuits à chauffage parallèle pour lampes à faible résistance de cathode.
Une limite inférieure et une limite supérieure pour la tension de préchauffage, en relation avec une même résistance de cathode, fixée arbitrairement.
 - ii) Dans le cas des circuits à chauffage parallèle pour lampes à haute résistance de cathode.
Une limite inférieure et une limite supérieure pour la tension de préchauffage, en relation avec une même résistance de cathode, fixée arbitrairement et, dans certains cas, une prescription supplémentaire concernant le courant maximal de préchauffage, en relation avec une deuxième valeur de résistance de cathode.
 - iii) Dans le cas des circuits à chauffage en série.
Une limite inférieure et une limite supérieure du courant de préchauffage, en relation avec une même résistance de cathode.

4. Summary

From the lamp point of view, it is necessary to specify for the ballast:

During the starting period:

- a) A minimum pre-heat voltage or current to prevent cold starting.
- b) A maximum pre-heat voltage or current to prevent either evaporation of cathode material or transverse arcing with the proviso that, under certain conditions, it is permissible to exceed these values.

During the lamp operation:

- a) A minimum cathode-heating voltage or current if maximum lamp life is to be obtained.
- b) A maximum current in any lead to the cathode to prevent reductions of lamp life.

These conditions are summarized as follows:

- a) Specification of a maximum current in any lead to the cathode during the operating mode is necessary for all kinds of circuits, except that, in certain situations, it is possible to use a maximum limit for the voltage across the cathodes.
- b) In some circuits, specification of a minimum limit for cathode heating during lamp operation is necessary if maximum lamp life is to be obtained.
- c) Specification of pre-heat conditions is different for different types of circuits as follows:

- i) For parallel heating circuits — low cathode resistance lamps.

A minimum and a maximum pre-heat voltage related to one arbitrary cathode resistance value.

- ii) For parallel heating circuits — high cathode resistance lamps.

A minimum and maximum pre-heat voltage related to one arbitrary cathode resistance value, with, in certain cases, a supplementary requirement regarding the maximum pre-heat current related to a second resistance value.

- iii) For series heating circuits.

A minimum and maximum pre-heat current related to one cathode resistance value.

ICS 29.140.30
