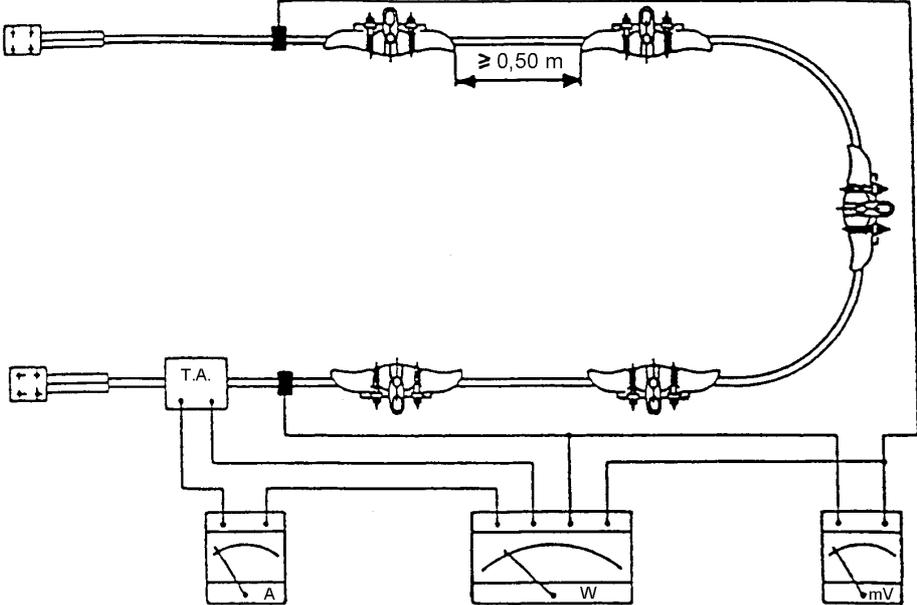


IEC 1184/97

Figure 11 – Essai de pertes magnétiques



IEC 1184/97

Figure 11 – Magnetic losses test

## 13 Essais de cycles thermiques

### 13.1 Objectif

Les essais de cycles thermiques sont des essais de type destinés à s'assurer des performances électriques à long terme des manchons conducteurs de courant.

Lorsqu'une conception de manchons satisfait aux exigences de cet article, on s'attend à ce qu'en service:

- a) la résistance électrique du manchon reste stable;
- b) la température du manchon ne dépasse pas celle du conducteur auquel il est fixé;
- c) si la conception et l'utilisation du manchon exigent l'application d'essai de surintensités de courte durée, ces courants n'affectent pas la performance des manchons.

### 13.2 Manchons

#### 13.2.1 Généralités

Les manchons conducteurs de courant, les manchons comprimés et toutes les autres formes de manchons mécaniques peuvent être divisés en deux groupes principaux en ce qui concerne la résistance à la traction: les manchons travaillant en traction et les autres (voir annexe A).

#### 13.2.2 Températures de service

Les essais de cycles thermiques spécifiés dans cet article s'appliquent aux manchons destinés à être utilisés sur des conducteurs dont la température maximale autorisée en service est la suivante:

- courant admissible en permanence  $\leq 80$  °C
- température de court-circuit  $\leq 200$  °C

Dans les cas particuliers où un manchon est calculé pour des températures de conducteurs plus élevées que celles indiquées ci-dessus, les températures d'essai en 13.5.2.1 et 13.5.3.1 doivent être modifiées en conséquence, après accord entre le fournisseur et l'acheteur.

#### 13.2.3 Classification pour essais

Bien que l'on ne puisse pas clairement identifier toutes les applications éventuelles des manchons, les deux catégories de manchons ci-dessous ont été définies pour les essais:

- catégorie A: les manchons sont soumis uniquement à des cycles thermiques électriques. Les manchons types de la catégorie A sont des manchons travaillant en traction (voir 13.2.1);
- catégorie B: les manchons sont soumis à des cycles thermiques électriques et à un essai de surintensités de courants de courte durée. Les manchons types de la catégorie B sont des manchons ne travaillant pas en traction (voir 13.2.1).

L'essai aux surintensités de courants de courte durée n'est pas réalisé pour la catégorie A car la construction des manchons travaillant en traction est généralement si robuste pour satisfaire aux exigences mécaniques que cet essai n'est pas nécessaire, sauf si le manchon est constitué de fils préformés en hélice où le trajet du courant est susceptible de ne pas être le même dans tous les brins.

Toutefois, l'essai aux surintensités de courants de courte durée peut également être réalisé sur les manchons de catégorie A après accord entre le fournisseur et l'acheteur.

## 13 Heat cycle tests

### 13.1 Purpose

Heat cycle tests are type tests aimed at ascertaining the long-term electrical performance of current-carrying joints.

When a design of joint meets the requirements of this clause, then it is expected that in service:

- a) the electrical resistance of the joint will remain stable;
- b) the temperature of the joint will not exceed that of the conductor to which it is attached;
- c) if the design and intended use of the joint demands the application of short-time overcurrent tests, such currents will not adversely affect the performance of the joints.

### 13.2 Joints

#### 13.2.1 General

The current-carrying joints consisting of compression and all other forms of mechanical connectors can be divided into two main groups regarding the tensile strength: tension joints and non-tension joints (see annex A).

#### 13.2.2 Service temperatures

The heat cycle tests specified in this clause apply to the joints for use on conductors having the following maximum permissible temperature in service:

- continuous current rating  $\leq 80\text{ °C}$
- temperature during the short circuit  $\leq 200\text{ °C}$

In special cases, if a joint is designed for higher conductor temperatures than those shown above, the test temperatures of 13.5.2.1 and 13.5.3.1 shall be modified correspondingly, as agreed upon between supplier and purchaser.

#### 13.2.3 Classification for test purposes

Although all possible joint applications may not be clearly identified, the following two classes of joints are defined for the test purposes:

- class A: the joints are subjected to electrical heat cycles only. Typical joints for class A joints are tension joints (see 13.2.1);
- class B: the joints are subjected to electrical heat cycles and a short-time overcurrent pulse test. Typical joints for class B joints are non-tension joints (see 13.2.1).

The short-time overcurrent pulse test is omitted in class A because the construction of tension joints is normally so massive in order to meet the mechanical requirements that this test is not necessary, except if a joint consists of helically formed wires where the current path is unlikely to be uniform in all strands.

However, the short-time overcurrent pulse test can also be made on the joints of class A if agreed between the supplier and the purchaser.

### 13.3 *Echantillons*

#### 13.3.1 *Généralités*

On doit réaliser l'essai sur quatre manchons.

Les manchons fournis pour l'essai doivent être identiques à ceux livrés dans le commerce.

#### 13.3.2 *Manchons multi-gamme*

En général, les manchons doivent être essayés pour toutes les configurations de conducteurs pour lesquelles ils ont été conçus.

Toutefois, avec l'accord de l'acheteur, l'exception suivante est autorisée afin de limiter le nombre d'essais: si un connecteur est conçu pour plus d'une dimension de conducteur, l'essai doit être réalisé sur la plus grande et la plus petite des dimensions de ce conducteur dans la gamme de conception déclarée du fournisseur.

#### 13.3.3 *Préparation*

Les surfaces de contact des connecteurs et des conducteurs doivent être préparées conformément aux instructions du fournisseur.

Les connecteurs doivent être installés en stricte conformité avec les instructions du fournisseur sur les conducteurs de la dimension et du type pour lesquels ils doivent être employés, sans autre préparation. On ne doit réaliser aucun serrage ultérieur des manchons.

#### 13.3.4 *Identification des échantillons*

Les informations techniques suivantes doivent être enregistrées pour les connecteurs et les conducteurs d'essai avant de réaliser l'essai.

##### Connecteurs

- fabricant, numéro de nomenclature ou de référence;
- catégorie de manchons: A ou B;
- technique d'assemblage: préparation des surfaces de contact, graisse des manchons (éventuelle), détails de la méthode de montage et des outils à employer.

##### Conducteurs

- spécifications;
- matériaux;
- dimensions et composition.

### 13.4 *Dispositifs d'essai*

#### 13.4.1 *Conditions d'essai*

L'essai doit être réalisé à l'abri des courants d'air à une température ambiante comprise entre 15 °C et 30 °C. Le montage d'essai doit être assemblé de manière que la distance entre manchons ou toute autre connexion introduite de manière à faciliter l'essai permette d'assurer une interférence thermique négligeable. L'ensemble doit être supporté de telle manière que l'air puisse circuler librement autour de l'assemblage afin d'assurer un refroidissement naturel par convection. Si l'on utilise un refroidissement accéléré, ce dernier doit affecter l'ensemble de manière uniforme.

### 13.3 *Test specimens*

#### 13.3.1 *General*

The number of joints to be tested shall be four.

The connectors supplied for the test shall be identical to those to be delivered commercially.

#### 13.3.2 *Multi-range connectors*

In general, connectors shall be tested on all configurations of conductor for which they are designed.

However, with the agreement of the purchaser the following exception is allowed to limit the number of tests: if a connector is designed for more than one size of conductor, the test shall be made on both the largest and smallest of such conductor sizes within the supplier's declared design range.

#### 13.3.3 *Preparation*

The contact surfaces of the connectors and conductors shall be prepared in accordance with the supplier's instructions.

The connectors shall be installed strictly according to the supplier's instructions on conductors of the size and type with which they are to be employed without any further preparation. No subsequent tightening of the joints shall be made.

#### 13.3.4 *Data on test specimens*

The following technical details of the test connectors and conductors shall be recorded before making any test.

##### Connectors

- manufacturer, catalogue or reference number;
- class of joint: A or B;
- assembly technique: preparation of contact surfaces, joint grease (if any), details of installation method and tooling to be employed.

##### Conductors

- specification;
- material;
- size and stranding.

### 13.4 *Test arrangements*

#### 13.4.1 *Test conditions*

The test shall be carried out in reasonably draught-free conditions at an ambient temperature between 15 °C and 30 °C. The test assembly shall be erected so that the distance between joints, or any other connections introduced to facilitate testing, shall be sufficient to ensure negligible thermal interference. The assembly shall be supported in such a way that air may freely circulate around the assembly to provide cooling by natural convection. If accelerated cooling is employed this shall affect the whole assembly uniformly.

Les essais doivent être conduits sur des conducteurs neufs et une tension mécanique ne dépassant pas 20 % de la charge de rupture assignée du conducteur principal peut être appliquée à l'ensemble des manchons travaillant en traction (voir annexe A).

#### 13.4.2 Conducteur de référence

Pour permettre la mesure de la résistance et de la température, l'assemblage doit comporter une longueur de conducteur non manchonné que l'on doit utiliser comme référence pour la mesure de résistance et de température. Si un manchon est tel que deux dimensions différentes de conducteurs sont raccordées, on doit utiliser la plus petite de ces longueurs comme conducteur de référence. La longueur du conducteur de référence ne doit pas être inférieure à 100 fois son diamètre, avec une longueur maximale de 4 m.

#### 13.4.3 Points de potentiel

Pour la mesure de la résistance, des points de potentiel doivent être installés sur le conducteur à une distance de 25 mm des extrémités de tous les manchons d'essai. Pour le conducteur de référence, les points de potentiel des manchons donnés dans les annexes B et C doivent être utilisés.

NOTE – Voir l'annexe G pour un exemple de méthode procurant un point de potentiel pratique. D'autres types de points de potentiel fréquemment utilisés peuvent être employés.

#### 13.4.4 Installation de la boucle d'essai

Les annexes B et C donnent une disposition type de boucle d'essai avec les longueurs minimales entre les manchons et autres connexions.

Pour les manchons en T, les deux possibilités de passage pour le courant peuvent être testées séparément sur accord entre le client et le fournisseur.

#### 13.4.5 Mesures

##### 13.4.5.1 Mesures de résistance

La résistance de chaque manchon d'essai et du conducteur de référence doit être mesurée entre les points de potentiel installés conformément à 13.4.3.

Lors de la réalisation de la mesure de résistance, la température du conducteur de référence et des manchons d'essai doit être relevée et la valeur de la résistance obtenue doit être rapportée à 20 °C à l'aide de la formule suivante:

$$R_{20} = \frac{R_{\theta}}{1 + \alpha_{20} (\theta - 20)}$$

où

$R_{\theta}$  est la résistance mesurée;

$\theta$  est la température (en degrés Celsius) du manchon ou du conducteur de référence au moment de la mesure;

$\alpha_{20}$  est le coefficient de variation de la résistance avec la température.

Ce coefficient peut être pris égal à

$\alpha_{20} = 4 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  pour le cuivre, l'aluminium et les câbles en aluminium-acier;

$\alpha_{20} = 3,6 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  pour les alliages d'aluminium.

La mesure de résistance doit être réalisée à l'aide d'un courant continu d'intensité inférieure ou égale à 10 % du courant alternatif d'essai. Les connexions provisoires utilisées pour la mesure de résistance doivent être situées à une distance égale à au moins 50 fois le diamètre du conducteur à partir du manchon et doivent être réalisées de manière à établir un contact effectif avec tous les brins du conducteur pris en compte pour le calcul de sa résistance équivalente.

The tests shall be carried out employing new conductors, and a mechanical tension not exceeding 20 % of the rated tensile strength of the main conductor may be applied to the assembly of tension joints (see annex A).

#### 13.4.2 *Reference conductor*

For the purpose of resistance and temperature measurements, the assembly shall contain a length of unjointed conductor which shall be used as the reference for resistance and temperature measurements. If a joint is such that two sizes of conductor are being connected into the assembly, the smaller of the two shall be used as the reference conductor. The length of the reference conductor shall be no less than 100 times its diameter, up to a maximum of 4 m long.

#### 13.4.3 *Potential points*

Potential points for resistance measurements shall be installed on the conductor at a distance of 25 mm from the ends of all test joints. For the reference conductor, the potential points of the joints shown in annexes B and C shall be used.

NOTE – See annex G for an example of a method for providing a practical potential point. Other types of frequently used potential points could be used.

#### 13.4.4 *Installation of test loop*

Typical arrangements of the test loop are shown in annexes B and C, together with the minimum conductor lengths between the joints and other connections.

On the T joints both current paths can be tested separately if agreed between purchaser and supplier.

#### 13.4.5 *Measurements*

##### 13.4.5.1 *Resistance measurement*

The resistance of each test joint and reference conductor shall be measured between the potential points installed in accordance with 13.4.3.

In carrying out resistance measurements, the temperature of reference conductor and test joints shall be read and the resistance value obtained shall be related to 20 °C by means of the following formula:

$$R_{20} = \frac{R_{\theta}}{1 + \alpha_{20} (\theta - 20)}$$

where

$R_{\theta}$  is the measured resistance;

$\theta$  is the temperature (in degree Celsius) of the joint or the reference conductor when it is measured;

$\alpha_{20}$  is the thermal coefficient of resistance.

This coefficient can be taken equal to

$\alpha_{20} = 4 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  for copper, aluminium and ACSR;

$\alpha_{20} = 3,6 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  for aluminium alloy.

The resistance measurements shall be made with direct current having a magnitude not higher than 10 % of the a.c. test current. The temporary current connections used for resistance measurements shall be at a distance of not less than 50 times the diameter of the conductor from the joint and shall be made so that effective contact is made with all those strands of the conductor which would be taken into account in calculating its equivalent resistance.

Les instruments utilisés pour la mesure de résistance doivent produire une erreur de mesure inférieure à 1 % ou à 0,5  $\mu\Omega$ , soit le plus grand de ces deux chiffres, quand l'instrument est calibré sur une résistance d'étalonnage certifiée.

NOTE – Il est important de noter que les erreurs de mesures de résistance augmentent les risques de rejet lors de l'application de la méthode d'évaluation mathématique décrite à l'annexe E. Par exemple, il est recommandé de tenir compte des points suivants.

- La f.é.m. thermoélectrique peut affecter la précision d'une mesure de faible résistance (de l'ordre de 10  $\mu\Omega$ ). Pour compenser cela, il convient de procéder à deux mesures de résistance en inversant le courant de mesure entre les relevés. La moyenne des deux relevés est alors considérée comme la résistance réelle de l'échantillon.
- La durée pendant laquelle on laissera refroidir les échantillons avant de procéder à la mesure de résistance peut affecter la valeur de résistance mesurée et il est recommandé de laisser s'écouler un temps suffisant après arrêt du courant d'essai de cycle de charge. Pour les plus gros manchons dépassant 200 mm<sup>2</sup>, ce temps peut atteindre 12 h.

Pour réduire la durée d'essai globale, le refroidissement forcé des éprouvettes est autorisé.

#### 13.4.5.2 Mesures de température

Les températures des manchons et des conducteurs de référence doivent être mesurées, y compris les températures ambiantes, à l'aide de thermocouples ou autres moyens adaptés d'une précision de 2 °C ou mieux.

La température de manchon enregistrée doit être celle de la partie la plus chaude de la surface. Le thermocouple peut être inséré dans un petit trou percé dans le manchon ou être fixé sur la surface extérieure.

Pour le conducteur de référence, le thermocouple doit être positionné en son milieu et fixé soit dans un petit trou percé dans un conducteur soit en le glissant sous les brins de la couche extérieure d'un conducteur toronné (voir annexes B et C).

Les dispositifs de mesure de température ambiante de l'essai doivent être disposés de façon à ne pas être affectés par la chaleur dissipée par le circuit d'essai.

#### 13.4.5.3 Mesure de surintensités de courte durée (manchons de catégorie B)

Il est recommandé de mesurer l'amplitude et la durée de la surintensité à l'aide d'un oscilloscope enregistreur ou d'une technique équivalente.

### 13.5 Procédure d'essai de cycle thermique

#### 13.5.1 Généralités

L'essai de cycle thermique doit comprendre  $N$  cycles de charge électrique. Le nombre  $N$  de cycles doit être choisi dans le tableau 3. Les surintensités de courte durée doivent être appliquées aux manchons de catégorie B conformément à 13.3.1 ainsi qu'aux manchons de catégorie A dans le cas où  $N$  cycles = 100.

Chaque cycle comprend une période d'échauffement pendant laquelle le courant prescrit pour l'essai est appliqué au montage, suivie d'une période de refroidissement pendant laquelle le courant est coupé.

L'essai de cycle thermique doit être réalisé à l'aide d'un courant alternatif.

Instruments used for resistance measurement shall be accurate to within 1 % or 0,5  $\mu\Omega$ , whichever is the greater when the instrument is calibrated against a certified standard resistance bar.

NOTE – It is important to note that errors in resistance measurement increase the chance of rejection when applying the method of mathematical assessment described in annex E. For example, the following matters should be taken into account.

– Thermoelectric e.m.f can affect the accuracy of low-resistance measurements (by some 10  $\mu\Omega$ ). To compensate for this, two resistance measurements should be taken by reversing the measuring current between readings. The mean of the two readings is then regarded as the actual resistance of the sample.

– The length of time for which samples are allowed to stand to cool before resistance measurements are made can have an effect on the value of resistance measured and sufficient time should be allowed to elapse after switching off the load cycling test current. For larger joints exceeding 200 mm<sup>2</sup>, this may be up to 12 h.

In order to reduce overall testing time, forced cooling of the test samples is permitted.

#### 13.4.5.2 *Temperature measurements*

The temperatures of the joints and reference conductors, including ambient, shall be measured by thermocouples or by other suitable means with an accuracy of 2 °C or better.

The joint temperature recorded shall be that of the hottest part of its surface. The thermocouple may either be inserted in a small hole drilled into the joint or secured to the outside surface.

On the reference conductor the thermocouple shall be positioned at the mid-point and securely located, either in a small hole drilled into a solid conductor or by sliding it under the strands of the outer layer of a stranded conductor (see annexes B and C).

The devices to measure the ambient temperature throughout the test shall be placed so as not to be influenced by the heat dissipation of the test circuit.

#### 13.4.5.3 *Measurement of short-time overcurrent (class B joints)*

It is recommended that the magnitude and duration of the waveform of the short-time overcurrent are measured using a storage oscilloscope or equivalent technique.

### 13.5 *Heat cycle test procedure*

#### 13.5.1 *General*

The heat cycle test shall consist of  $N$  electrical load cycles. The number  $N$  of cycles shall be chosen from table 3. Short-time overcurrent impulses shall be applied to class B joints in accordance with 13.3.1 and also to class A joints when  $N$  cycles = 100.

Each cycle includes a heating period where the test assembly is loaded by the test current, followed by a subsequent cooling period with the current switched off.

The heat cycle test shall be carried out employing an alternating current.

**Tableau 3 – Conditions pour l'essai de cycle thermique**

$N$ (cycles)	$T_f$ (°C) (élévation de la température)	$N_{sc}$ (impulsions)
1 000	70	3 *
500	100	3 *
100	130 ***	8 **

$N$  est le nombre de cycles  
 $T_f$  est l'augmentation de la température du conducteur de référence au dessus de la température ambiante  
 $N_{sc}$  est le nombre d'impulsions de court-circuit pour manchons de catégorie B  
 \* Impulsions appliquées après  $N$  cycles  
 \*\* Impulsions appliquées après 0,5  $N$  cycles  
 \*\*\* Pour tous les types de conducteurs, la température (augmentation de la température plus température ambiante) doit être inférieure à 150 °C.

13.5.2 *Manchons de catégorie A*

13.5.2.1 *Procédure d'essai*

Les manchons de catégorie A doivent être essayés à l'aide de la méthode des cycles thermiques électriques ( $N$  cycles) décrite ci-après.

- 1) L'essai doit être réalisé sur les manchons préparés conformément à 13.3.3. Après avoir positionné les quatre manchons dans le montage d'essai mais avant de commencer le cycle d'échauffement, la résistance de chaque manchon et la résistance du conducteur de référence doivent être mesurées comme précisé en 13.4.5.1. Puis la résistance d'une longueur équivalente du conducteur de référence doit être calculée en tenant compte de la longueur du manchon.
- 2) Un courant d'essai doit être injecté dans l'assemblage. La valeur et la durée du courant d'essai doivent être telles qu'elles élèvent la température du conducteur de référence à la valeur de  $T_f +5_0$  °C (voir tableau 3) au-dessus de la température ambiante en maintenant cette température pendant 30 min. On peut utiliser un courant initial d'une valeur ne dépassant pas 150 % du courant d'essai pour assurer un échauffement accéléré destiné à réduire le temps d'élévation de la température du conducteur à  $T_f +5_0$  °C au-dessus de la température ambiante.
- 3) A la fin de la période d'échauffement, le courant doit être stoppé et on laisse refroidir le conducteur jusqu'à 5 °C au-dessus de la température ambiante. On peut utiliser un refroidissement forcé pour réduire la durée du cycle.
- 4) Cette séquence doit être reproduite de manière à appliquer 0,1  $N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles) d'échauffement et de refroidissement.
- 5) Durant l'un des cinq derniers cycles des 0,1  $N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles), la température du conducteur et la température de chaque manchon doit être mesurée pendant les 15 dernières minutes de la période de 30 min.
- 6) L'ensemble doit alors être libre de se refroidir jusqu'à la température ambiante, puis on mesure et on enregistre la résistance de chaque manchon.
- 7) Le cycle d'échauffement doit être poursuivi en mesurant la température et la résistance à la fin de chaque 0,1  $N$  cycles jusqu'à ce que l'on ait réalisé 0,5  $N$  cycles.
- 8) On procède à nouveau à 0,5  $N$  cycles en mesurant la résistance tous les 0,05  $N$  cycles ( $\pm 0,01 N$  cycles) et la température tous les 0,1  $N$  cycles ( $\pm 0,02 N$  cycles).

Les manchons ne doivent pas être serrés ou réglés pendant l'essai.

La séquence ci-dessus est représentée sous une forme schématique à l'annexe D.

Si des essais de surintensités de courte durée sont nécessaires, ces essais doivent être réalisés conformément à 13.5.3.1 pour les manchons de catégorie B.