

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Electrical resistance trace heating systems for industrial and commercial applications –

Part 2: Application guide for system design, installation and maintenance

Systèmes de traçage par résistance électrique pour applications industrielles et commerciales –

Partie 2: Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance du système



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Electrical resistance trace heating systems for industrial and commercial applications –

Part 2: Application guide for system design, installation and maintenance

Systèmes de traçage par résistance électrique pour applications industrielles et commerciales –

Partie 2: Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance du système

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope and object.....	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	11
4 Surface heating of vessels and piping systems.....	11
4.1 Application description	11
4.1.1 General	11
4.1.2 Environmental conditions.....	11
4.1.3 Trace heating systems considerations	12
4.2 Design information – General	12
4.2.1 General	12
4.2.2 Electrical system design	12
4.2.3 Control and monitoring	12
4.2.4 Trace heating system design	13
4.2.5 Design information documentation.....	14
4.3 Thermal system design.....	14
4.3.1 General	14
4.3.2 Design conditions	14
4.3.3 Thermal insulation	15
4.3.4 Heat loss determination.....	20
4.3.5 Design safety factor.....	21
4.3.6 Heat-up considerations.....	21
4.3.7 Selection of trace heater.....	22
4.3.8 Design calculations	25
4.3.9 Theoretical sheath temperature calculations – Metallic pipe applications	25
4.3.10 Theoretical sheath temperature calculations – Non-metallic pipe applications	26
4.3.11 Design documentation	27
4.3.12 Start-up at low ambient temperatures	28
4.3.13 Long trace heater circuits	28
4.3.14 Chimney effect	28
4.4 Electrical design.....	29
4.5 Control and monitoring system design	29
4.5.1 General	29
4.5.2 Mechanical controllers.....	29
4.5.3 Electronic controllers	30
4.5.4 Application suitability.....	30
4.5.5 Location of controllers	31
4.5.6 Location of sensors	31
4.5.7 Alarm considerations	32
4.5.8 Integrated control	33
4.5.9 Flow pattern analysis.....	33
4.5.10 Dead-leg control technique.....	35
4.6 Special design considerations	35
4.6.1 General	35

4.6.2	Freeze protection systems.....	35
4.6.3	Sprinkler systems, fire suppression	36
4.6.4	Hot water services/tempered water	36
4.6.5	Specialty lines	37
4.7	Installation	39
4.7.1	General	39
4.7.2	Personnel aspects	39
4.7.3	Preparatory work	40
4.7.4	Preliminary installation of trace heating circuits	40
4.7.5	Insulation resistance test.....	40
4.7.6	Installation of trace heater systems	41
4.7.7	Installation of control and monitoring equipment	43
4.7.8	Necessary modifications	44
4.7.9	Installation of the thermal insulation system	44
4.7.10	Installation of electrical power	46
4.7.11	Commissioning	46
4.8	Maintenance.....	47
4.8.1	General	47
4.8.2	Training of maintenance personnel.....	47
4.8.3	Frequency of inspection.....	48
4.8.4	Maintenance program documentation	48
4.8.5	Visual evaluation	48
4.8.6	Electrical evaluation	48
4.8.7	Review of the electrical protection system	49
4.9	Repair	49
4.9.1	General	49
4.9.2	Fault location.....	49
4.9.3	Practicability of repair to electric trace heaters	49
4.9.4	Repair techniques for electrical trace heaters	50
5	Roof and gutter de-icing	50
5.1	Application description	50
5.2	Design information – General	51
5.3	Thermal design	52
5.4	Electrical design.....	52
5.5	Control and monitoring system design	52
5.6	Special design considerations	53
5.7	Installation	53
5.7.1	General	53
5.7.2	Trace heaters and component mounting	53
5.8	Maintenance.....	56
5.9	Repair	56
6	Rail heating	57
6.1	Application description	57
6.1.1	Point heating	57
6.1.2	Contact/live rail heating	57
6.1.3	Track heating	57
6.1.4	Catenary/pantograph shoe heating	57
6.2	Design information	58
6.2.1	General	58

6.2.2	Weather data.....	58
6.2.3	Surface description.....	58
6.2.4	System design.....	58
6.2.5	Performance level classification.....	58
6.3	Thermal design	58
6.3.1	General	58
6.3.2	Typical heating load	59
6.4	Electrical design.....	59
6.5	Control and monitoring system design	59
6.6	Special design considerations	60
6.6.1	Electrical considerations.....	60
6.6.2	Finite element analysis	60
6.7	Installation	60
6.8	Maintenance.....	63
6.9	Repair	63
7	Snow melting.....	63
7.1	Application description	63
7.2	Design information	64
7.2.1	General	64
7.2.2	Weather data.....	64
7.2.3	Construction details of workpiece	64
7.2.4	Electrical considerations.....	64
7.2.5	System performance level.....	64
7.2.6	Trace heater layout and component mounting	65
7.3	Thermal design – Power output (heat load) determination	69
7.4	Electrical design.....	69
7.5	Control and monitoring system design	69
7.6	Special design considerations	69
7.7	Installation	70
7.8	Maintenance.....	70
7.9	Repair	71
8	Floor warming	71
8.1	Application description	71
8.2	Design information	71
8.2.1	General	71
8.2.2	Environmental data.....	71
8.2.3	Construction details of workpiece	71
8.2.4	Electrical considerations.....	71
8.2.5	Trace heater layout and component mounting	72
8.3	Thermal design – Heat load determination.....	73
8.4	Electrical design.....	74
8.5	Control and monitoring system design	74
8.6	Special design consideration	74
8.7	Installation	74
8.8	Maintenance.....	75
8.9	Repair	75
9	Frost heave prevention	75
9.1	Application description	75
9.2	Design information	76

9.2.1	General	76
9.2.2	Construction details of the floor	76
9.2.3	Electrical considerations	76
9.3	Heat load determination	76
9.3.1	General	76
9.3.2	Trace heater layout and component mounting	77
9.4	Electrical design	78
9.5	Control and monitoring system design	78
9.5.1	Control options	78
9.5.2	Monitoring	78
9.6	Special design considerations	78
9.7	Installation	79
9.8	Maintenance	79
9.9	Repair	79
10	Underground thermal energy storage systems	79
10.1	Application description	79
10.2	Design information	79
10.2.1	General	79
10.2.2	Environmental data	80
10.2.3	Construction details of building	80
10.2.4	Electrical considerations	80
10.2.5	Trace heater layout and component mounting	80
10.3	Thermal design – Heat-loss determination	81
10.4	Electrical design	81
10.5	Control and monitoring system design	82
10.6	Special design considerations when trace heaters are located in sand layer	82
10.7	Installation	82
10.7.1	General	82
10.7.2	Installation in sand	82
10.7.3	Installation in concrete	82
10.8	Maintenance	83
10.9	Repair	83
Annex A (informative)	Pre-installation checks	84
Annex B (informative)	Trace heater commissioning record	85
Annex C (informative)	Maintenance schedule and log record	86
Bibliography		87
Figure 1	– Thermal insulation – Weather-barrier installation	17
Figure 2	– Typical temperature profile	19
Figure 3	– Equilibrium conditions for workpiece maintenance	24
Figure 4	– Equilibrium conditions for upper limit evaluation	24
Figure 5	– Heated tank example	34
Figure 6	– Bypass example	35
Figure 7	– Double containment system	38
Figure 8	– Gravity flow piping systems	39
Figure 9	– Ice dam formation	51
Figure 10	– Downspout to underground drain	52

Figure 11 – Roof and gutter trace heater arrangement.....	54
Figure 12 – Gutter detail	54
Figure 13 – Typical roof mounting methods.....	55
Figure 14 – Drain detail for flat roof	56
Figure 15 – Typical positioning of point trace heater on stock rail and switch rail	61
Figure 16 – Typical positioning of trace heater on swing nose crossing.....	61
Figure 17 – Typical clamp lock trace heater	62
Figure 18 – Typical positioning of trace heater on steel and aluminium clad contact rails	62
Figure 19 – Typical positioning of trace heater in pantograph shoe	63
Figure 20 – Snow melting trace heater embedded in concrete	66
Figure 21 – Snow melting trace heater located in conduit	67
Figure 22 – Expansion joint detail	68
Figure 23 – Snow melting junction box location.....	68
Figure 24 – Typical floor warming trace heater mounting	73
Figure 25 – Typical floor heating power requirements.....	74
Figure 26 – Typical frost heave prevention substructure	76
Figure 27 – Frost heave prevention power requirements.....	77
Figure 28 – Typical underground thermal energy storage system installation	81
Table 1 – Application types.....	13
Table 2 – Recommendations for monitoring and control – Type II and III control	31
Table 3 – Recommendations for hot water services and tempered water temperatures	37
Table 4 – Possible trace heating load requirements	59
Table 5 – Typical snow melting heat loads	65

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL RESISTANCE TRACE HEATING SYSTEMS
FOR INDUSTRIAL AND COMMERCIAL APPLICATIONS –****Part 2: Application guide for system design,
installation and maintenance**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 62395-2, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating equipment.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
27/582/DTS	27/606A/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of IEC 62395, under the general title *Electrical resistance trace heating systems for industrial and commercial applications*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- transformed into an International standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

IEC 62395-1 provides the essential requirements and testing appropriate to electrical resistance trace heating equipment used in industrial and commercial applications. While some of this work already exists in national or international standards, this standard has collated much of this existing work and added considerably to it.

IEC/TS 62395-2 provides detailed recommendations for the system design, installation, maintenance and repair of electrical resistance trace heating systems in industrial and commercial applications which can include piping, vessels, roofs and concrete slab heating applications.

It is the objective of IEC 62395 that, when in normal use, electrical trace heating systems should operate safely under their defined conditions of use, by

- a) employing heaters of the appropriate construction so as to meet the test criteria and requirements detailed in IEC 62395-1. The construction should include a metallic sheath, braid, screen or equivalent electrically conductive covering;
- b) operating at safe temperatures when designed, installed, and maintained in accordance with IEC/TS 62395-2;
- c) having at least the minimum levels of overcurrent and ground fault protection requirements in IEC 62395-1 (2006) (4.3).

ELECTRICAL RESISTANCE TRACE HEATING SYSTEMS FOR INDUSTRIAL AND COMMERCIAL APPLICATIONS –

Part 2: Application guide for system design, installation and maintenance

1 Scope and object

This part of IEC 62395 provides detailed recommendations for the system design, installation, maintenance and repair of electrical resistance trace heating systems in industrial and commercial applications. This technical specification does not include or provide for any applications in potentially explosive atmospheres.

This specification pertains to trace heating systems that may comprise either factory constructed or field (work-site) assembled units, and which may be series heater cables, parallel heater cables, heater pads or heater panels that have been assembled and/or terminated in accordance with the manufacturer's instructions for connection to voltage supplies up to and including 450 V/750 V.

This Technical specification does not cover induction, impedance or skin effect heating.

Trace heating systems can be grouped into different types of installations. These are characterized by different requirements for testing and are usually certified for a specific type of installation or application. Typical applications for the different types of installation are as follows:

- a) Installations of trace heating on pipes, vessels and associated equipment. Applications include:
 - freeze protection and temperature maintenance;
 - hot water lines;
 - oil and chemical lines;
 - sprinkler systems.
- b) Outdoor exposed area installations of trace heating. Applications include:
 - roof de-icing;
 - gutter and downspout de-icing;
 - catch basins and drains;
 - rail heating.
- c) Installation with embedded trace heating. Applications include:
 - snow melting;
 - floor warming;
 - frost heave prevention;
 - underground thermal energy storage systems;
 - door frames.
- d) Installations with trace heating inside conduit or piping. Applications include:
 - snow melting – in conduit;
 - floor warming – in conduit;
 - frost heave prevention – in conduit;

- underground thermal energy storage systems – in conduit;
- internal trace heating of potable water lines;
- enclosed drains and culverts.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-841, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 841: Industrial electroheat*

IEC 60519-1, *Safety in electroheat installations – Part 1: General requirements*

IEC 62395-1:2006, *Electrical resistance trace heating systems for industrial and commercial applications – Part 1: General and testing requirements*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the referenced terms and definitions are given in IEC 60519-1, IEC 62395-1 and IEC 60050-841.

4 Surface heating of vessels and piping systems

4.1 Application description

4.1.1 General

Piping and vessels are often provided with surface-mounted trace heating systems to maintain water above freezing-point and to maintain process fluids and gases at given temperature levels. The trace heaters compensate for heat losses to the environment that are reduced but not eliminated by thermal insulation.

4.1.2 Environmental conditions

Attention should be directed to the surrounding environmental conditions, especially for systems that are exposed to sunlight (ultraviolet exposure), coastal atmospheres (corrosive salt spray and high humidity), and chemical atmospheres such as oil refineries and chemical plants.

Equipment subject to ultraviolet exposure may degrade due to surface oxidation, which can possibly lead to surface embrittlement and cracking. Corrosive atmospheres can affect the same exposed surfaces and can accelerate degradation of surfaces that are also susceptible to ultraviolet exposure. Chemical exposure can affect all equipment, whether covered by thermal insulation or not.

The trace heating equipment for piping and vessels is often protected from corrosion and ultraviolet exposure to some degree by the thermal insulation. However, these systems can have components that are exposed to the environment such as electrical connection components and weather barrier around the thermal insulation. The selection of trace heating equipment shall include a review of the suitability of equipment to the expected environmental conditions.

4.1.3 Trace heating systems considerations

Trace heating systems can range from simple pipe freeze protection in commercial buildings to large complex piping/vessel systems in industrial facilities. The details required for design can vary based on the complexity of the application. Control systems and requirements for monitoring can also vary depending on the control and design requirements.

Trace heating equipment should be chosen that is suitable for the application. For example, plastic piping typically has only a small range of exposure temperatures. The trace heating and control system shall keep the piping temperature within the allowed range. Higher temperature processes shall utilize trace heating and thermal insulation equipment that are suitable for the maximum exposure temperatures.

Particular attention should be given to the materials of piping systems, as well as the trace heating systems, as related to an effective earth-leakage/ground-fault return path. The use of non-metallic, lined or coated piping systems may complicate the earth-leakage/ground-fault return path. The electrical return paths established at the time of installation may become degraded due to corrosion during long-term operation.

4.2 Design information – General

4.2.1 General

The requirements for system design varies from simply following installation instructions for freeze protection to the development of electrical, control and monitoring, and trace heating system layouts for large, detailed, complex installations such as industrial facilities. While each design component requires individual treatment, the final system shall be evaluated as an integration of these component parts.

Trace heating system design shall conform to all IEC requirements for the use of electrical equipment and with the requirements of this technical specification. Consideration should be given to the maintenance of the trace heating systems to maintain energy efficiency and to routine testing of the installed systems for safe and proper operation.

Persons involved in the design and planning of electric trace heating systems should be suitably trained in all techniques required.

4.2.2 Electrical system design

The evaluation of electrical resistance heating systems includes an initial assessment of energy requirements and the associated electrical distribution equipment. The selection of the type of trace heating equipment and the control equipment affects the requirements of the electrical system design. Additional information is given in 4.4.

4.2.3 Control and monitoring

4.2.3.1 General

Controls for trace heating systems are often specified to reduce total energy usage and/or to maintain particular processes within a narrow band. Monitoring systems are used to verify correct system operation and in many cases to provide an indication of electrical problems or temperatures that are out of range. Subclause 4.2.3 describes the basic types of controls and monitoring and defines critical applications relative to the control systems. Specific design of control systems is given in 4.5.

4.2.3.2 Recommendations for control

The recommendations for control and monitoring are defined by the type of application.

a) Type I

A Type I control is for applications where the temperature is maintained above a minimum point. Large blocks of power may be controlled by means of a single control device, such as ambient sensing, and an electrical distribution panel board. Heat input may be provided unnecessarily at times and wide temperature excursions should be tolerable. Energy efficiency may be improved through the use of dead-leg control techniques (see 4.5.10).

b) Type II

A Type II control is for applications where the temperature should be maintained within a moderate band. Control by pipe-sensing mechanical thermostats is typical.

c) Type III

A Type III control is for applications where the temperature should be controlled within a narrow band. Electronic pipe-sensing controllers using thermocouple or resistance-temperature detector (RTD) units facilitate field (work site) calibration and provide maximum flexibility in the selection of temperature alarm and monitoring functions. Heat input capability may be provided to preheat an empty pipe or raise the fluid temperature, or both, within a specified range and time interval. Type III systems require strict adherence to flow patterns and thermal insulation systems.

4.2.3.3 Control and monitoring for critical applications

If failure of any part of the trace heating system can result in a safety or operability problem, then the trace heating system may be considered to be a critical component of the application. The temperature control and circuit monitoring requirements of an application may be defined according to the temperature control types described in 4.2.3.2, together with the control level as described in Table 1.

Table 1 – Application types

Is trace heating a critical component for the application?	Desired accuracy of temperature control		
	Above a minimum point Type I	Within a moderate band Type II	Within a narrow band Type III
Yes = Critical (C-)	C – I	C – II	C – III
No = Non-critical (NC-)	NC – I	NC – II	NC – III

When trace heating is critical to the application, circuit monitoring for correct operation, malfunction alarms, and back-up (redundant) trace heaters should be considered. Redundant trace heaters may allow maintenance or repairs to be performed without a process shutdown and may be used to enhance reliability. Redundant controllers can be specified to be automatically activated in the event of a fault being indicated by the monitoring/alarm system.

4.2.4 Trace heating system design

Trace heaters should be selected to provide sufficient power for

- compensation of heat loss when maintaining a specified temperature of an application, see the calculation method in 4.3.4; and/or
- raising the temperature of a workpiece and its contents when specified, within a specified time period, see the calculation method in 4.3.6.

The evaluation should provide an electrical system with sufficient capacity to deliver the required power at the specified minimum ambient temperature. The system heat requirements should be multiplied by a safety factor as determined on the basis of 4.3.5. Additional specific design requirements are described in 4.6.

4.2.5 Design information documentation

For plant level and other complex systems, design information is compiled and provided in the form of specifications, layouts, and other system documentation and drawings. Any or all of the following may be applicable:

- thermal design parameters;
- system flow diagram;
- equipment layout drawings (plans, sections, etc.);
- pipe drawings (plans, isometrics, line lists, etc.);
- piping specifications;
- thermal insulation specifications;
- equipment detail drawings (pumps, valves, strainers, etc.);
- electrical drawings (one lines, elementaries, etc.);
- bill of materials;
- electrical equipment specifications;
- equipment installation and instruction manuals;
- equipment details;
- thermal insulation schedules;
- process procedures that would cause elevated pipe temperatures, that is, steam out or exothermic reactions.

4.3 Thermal system design

4.3.1 General

Trace heater selection includes the determination of the maximum possible system temperature under worst-case conditions. The evaluation shall ensure that the maximum system temperature does not exceed the maximum withstand temperature rating of the workpiece or the thermal insulation. The trace heating supplier should also provide recommendations for these applications, including product performance and installation guidelines.

The trace heater sheath temperature and/or the maximum workpiece temperature may be reduced by, for example, the use of multiple tracers to reduce the power produced per unit length or by the selection of the temperature control system.

Subclause 4.3 reviews design parameters, thermal insulation considerations, system heat loss, safety factors, heat-up considerations, selection of trace heater, design calculations, sheath temperature calculations, design documentation, start-up at low ambient temperatures, long trace heater circuits, and chimney effect.

4.3.2 Design conditions

The following general design conditions and application inputs are typically needed prior to commencing with the system design. Additional information that may be required for particular applications is detailed in 4.6.

a) System parameters:

- 1) pipe and vessel maintain temperature;
- 2) minimum ambient temperature;
- 3) insulation thickness and type;
- 4) pipe diameters, lengths, and routing (vertical, horizontal, oblique) or vessel dimensions;

- 5) pipe type:
 - i) non-metallic;
 - ii) metallic;
- 6) components such as pumps, strainers, flanges, valves, and supports;
- 7) maximum process temperature (due to process, steam cleaning, etc.);
- 8) flow characteristics:
 - i) pressurized;
 - ii) gravity;
- 9) design wind velocity.
- b) Electrical considerations:
 - 1) voltage supply;
 - 2) circuit locations;
 - 3) power distribution system.

4.3.3 Thermal insulation

4.3.3.1 General

The selection, installation and maintenance of thermal insulation should be considered a key component in the performance of an electrical trace heating system. The thermal insulation system is normally designed to prevent the majority of heat loss with the trace heating system compensating for the remainder. Therefore, problems with thermal insulation have a direct impact on the overall system performance.

The principal areas for consideration are as follows:

- selection of an insulation material;
- selection of a weather barrier (cladding);
- selection of the economic insulation thickness;
- the double insulation method.

4.3.3.2 Selection of insulating material

The following are important aspects to be considered when selecting an insulation material. These factors should be considered and the selection optimized according to the following design criteria.

- temperature rating;
- thermal conductivity of the insulation;
- mechanical properties;
- chemical compatibility and corrosion resistance;
- moisture resistance;
- health risks during installation;
- fire resistance;
- toxicological properties when exposed to fire;
- costs.

Insulation materials commonly available include

- expanded silica;
- mineral fibre;
- cellular glass;

- urethane;
- fibreglass;
- calcium silicate;
- polyisocyanurate;
- perlite silicate.

For soft insulants (mineral fibre, fibreglass, etc.), actual pipe size insulation may be used in many cases by banding the insulation tightly. Care should be taken to prevent the trace heater from being buried within the insulation, which may cause damage to the trace heater or may restrict proper heat transfer. As an alternative, the next larger pipe size insulation that can easily enclose pipe and electric trace heater is also acceptable. Rigid insulation (calcium silicate, expanded silica, cellular glass, etc.), may be pipe-size insulation if customized to fit the longitudinal joint. In all cases, the insulation type, size and thickness should be clearly specified.

Insulation for valves, flanges, pumps, instruments, and other irregularly shaped equipment are typically custom fit for the particular configuration. This may be fabricated from block, insulation segments or flexible removable covers.

Insulating cements or fibrous materials should be used to fill cracks and joints. Where used for total insulation of an irregular surface, a proportionally thicker layer of insulating cement may be applied to achieve the desired insulating capability. When insulating with cement, install a barrier over the trace heater to prevent the insulating cement from isolating it from the workpiece (creating excessive heater temperatures).

4.3.3.3 Selection of weather barrier (cladding)

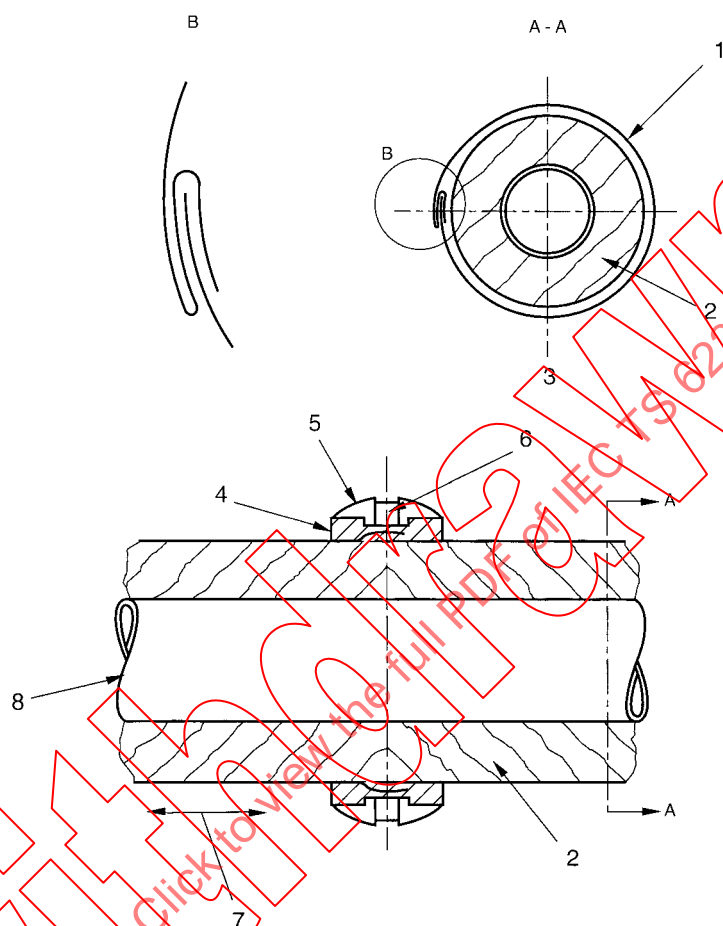
Proper operation of an electrically trace heated system depends upon the insulation being dry. Electric tracing normally has insufficient heat output to dry out wet thermal insulation. Some insulation materials, even though removed from the piping and force dried, never regain their full insulating capability once they have been wet.

Straight piping should be weather-protected with metal or polymeric jacketing or a mastic system. When metal jacketing is used, it should be smooth with formed, modified “S” longitudinal joints. The circumferential end joints should be sealed with closure bands and supplied with sealant on the outer edge or where they overlap (see Figure 1).

Jacketing that is overlapped or otherwise closed without sealant is not effective as a barrier to moisture. A single, unsealed joint can allow a considerable amount of water to leak into the insulation during a rainstorm.

The type of weather barrier should be determined based on the following:

- effectiveness in excluding moisture;
- corrosive nature of chemicals in the area;
- fire protection requirements;
- durability to mechanical abuse;
- cost.



IEC 748/08

Key

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1 Metal jacket | 5 Closure band |
| 2 Insulation | 6 Insulated strap |
| 3 Metal jacket insulated pipe | 7 Movement |
| 4 Mastic sealer | 8 Pipe |

Figure 1 – Thermal insulation – Weather-barrier installation**4.3.3.4 Sealing of weather barrier penetrations**

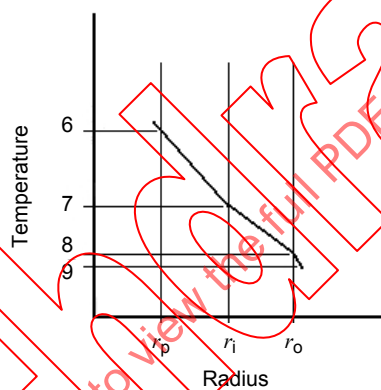
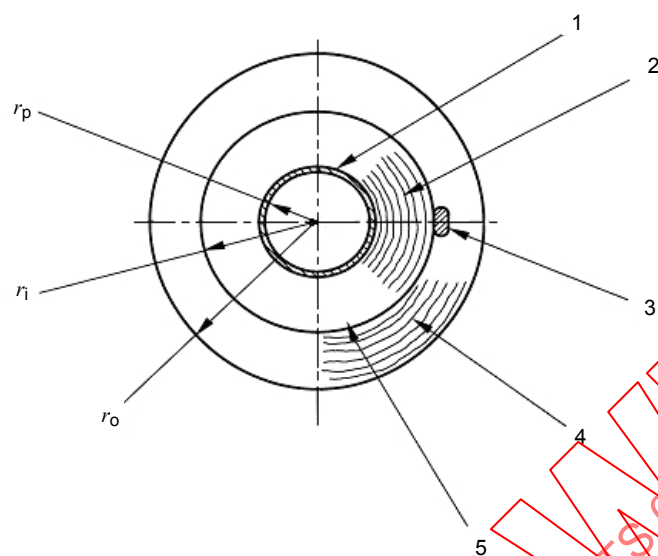
Quality caulking of weather barrier penetrations is required to prevent water ingress and contamination of thermal insulation systems. Structural supports and trace heater connection kits are examples of such penetrations. Low quality caulking materials dry out and crack, allowing gaps for water ingress.

4.3.3.5 Selection of economical thickness

At a minimum, an economic evaluation of the insulation considers the initial costs of the materials and installation against the energy saved over the life of the system. It should be noted that the actual insulation thicknesses do not always correspond exactly to the nominal insulation thickness. When choosing the insulation size, considerations should be made as to whether or not the actual pipe-size insulation is suitable for accommodating both pipe and trace heater.

4.3.3.6 Double insulation method

The double insulation technique may be employed when the pipe temperature exceeds the maximum allowable temperature of the trace heater. A typical application is prevention of the freezing of condensate in high-temperature steam lines when these lines are not in use. The trace heater is located between two layers of insulation surrounding the pipe. The essence of the double-insulation technique is to determine the correct combination of inner and outer insulation type and thickness that results in an acceptable interface temperature for the trace heater. The inner layer of thermal insulation circumferential end joints should be installed with gaskets to prevent opening of gaps as piping heats up. Gaps may cause high temperatures to reach and damage the trace heater. The installation is illustrated and a typical temperature profile is indicated graphically in Figure 2. It should be noted that the maximum ambient temperature conditions should be considered in this determination.



IEC 749/08

Key

- | | |
|--------------------------|--|
| 1 Pipe | 6 Pipe temperature |
| 2 Inner insulation layer | 7 Interface temperature |
| 3 Heat tracer | 8 Outer insulation surface temperature |
| 4 Outer insulation layer | 9 Ambient temperature |
| 5 Metal foil (aluminium) | |

Figure 2 – Typical temperature profile

4.3.4 Heat loss determination

The heat loss of a workpiece can be calculated from the following equation incorporating both conduction and convection parameters:

$$q = \frac{(T_p - T_a)}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi k_1} + \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi k_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (1)$$

where

- q is the heat loss per unit length of pipe in watts per metre (W/m);
- T_p is the desired maintenance temperature in degrees Celsius (°C);
- T_a is the minimum design ambient temperature in degrees Celsius (°C);
- D_1 is the inside diameter of the inner insulation layer in metres (m);
- D_2 is the outside diameter of the inner insulation layer in metres (m) (inside diameter of the outer insulation layer when present);
- D_3 is the outside diameter of the outer insulation layer when present in metres (m);
- k_1 is the thermal conductivity of the inner layer of insulation evaluated at its mean temperature (W/mK);
- k_2 is the thermal conductivity of the outer layer of insulation, when present, evaluated at its mean temperature (W/mK);
- h_i is the inside air contact convection coefficient from the pipe to the inner insulation surface when present (W/m²K);
- h_{co} is the inside air contact convection coefficient from the outer insulation surface to the weather barrier when present (W/m²K);
- h_o is the outside air film convection coefficient from the weather barrier to ambient (W/m²K) (typical values for this term range from 5 W/m²K to 50 W/m²K for low-temperature applications below 50 °C).

The degree of accuracy of the calculation depends on the degree of definition of the system parameters.

The basic equation given in (1) can be reduced to the following form for pipes and tubes when only the conduction parameters are taken into account and when only one thermal insulation layer is present:

$$q = \frac{2\pi k (T_p - T_a)}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \quad (2)$$

Vessel heat losses often require a more complex analysis to determine total heat loss. The trace heating supplier should be consulted.

For ease of product selection, trace heating suppliers often furnish simple charts and graphs and/or computer programs to determine heat losses for variously maintained temperatures and insulations, which usually include a safety factor.

The preceding relationships assume that the thermal insulation system densities, volumes, conductivities and heat losses are constant over the temperature range of interest. Although the model is representative of a straight pipeline, it does not have provisions for equipment such as pumps and valves. Non-insulated or partially insulated pipe supports or equipment require additional heat input to compensate for the higher heat loss.

4.3.5 Design safety factor

Since heat-loss calculations based on theoretical values do not account for imperfections associated with actual work site installations, a safety factor should be applied to the calculated values. The safety factor should be based upon the user's requirement: this typically increases the heat loss by 10 % to 25 %. A more detailed evaluation should include the following:

- thermal insulation degradation;
- supply voltage variations;
- branch wiring voltage drop;
- trace heater voltage drop;
- increased radiation and convection on higher temperature applications;
- quality of installation of thermal insulation.

4.3.6 Heat-up considerations

In certain plant operations, it may be necessary to specify that the trace heating system is capable of raising the temperature of a static product within a certain time period. The heat-up time (in seconds) of a trace heated system on piping may be calculated by use of the following equation.

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_i - T_a)}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_f}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \quad (3)$$

where

U is the heat loss per unit length of pipe per degree of temperature difference:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2\pi K_1} + \frac{\ln \left(\frac{D_3}{D_2} \right)}{2\pi K_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (4)$$

H is the thermal time constant, which is the total energy stored in the mass of pipe, fluid, and insulation per degree of temperature divided by the heat loss per unit length per degree temperature differential, as follows:

$$H = \frac{P_1 C_{p1} V_{c1} + P_2 C_{p2} V_{c2} + 0,5 P_3 C_{p3} V_{c3}}{U} \quad (5)$$

where

- P_1 is the density of the product in the pipe (kg/m³);
- C_{p1} is the specific heat of the product (J/kgK);
- V_{c1} is the internal volume of the pipe (m³/m);
- P_2 is the density of the pipe (kg/m³);
- C_{p2} is the specific heat of the pipe (J/kgK);
- V_{c2} is the pipe wall volume (m³/m);

P_3	is the density of insulation (kg/m ³);
C_{p3}	is the specific heat of the insulation (J/kgK);
V_{c3}	is the insulation wall volume (m ³ /m);
T_i	is the initial temperature of the pipe (°C);
T_f	is the final temperature of the fluid and the pipe (°C);
T_a	is the ambient temperature (°C);
T_p	is the desired maintenance temperature (°C);
t	is the desired heat-up time in seconds (s);
U	is the heat loss per unit length of pipe per degree of temperature (W/mK);
H	is the thermal time constant in seconds (s);
T_{sc}	is the temperature at which the phase change occurs (°C);
h_f	is the latent heat of fusion for the product (J/kg);
q_c	is the output of the trace heater(s) (W/m).

It may be necessary to evaluate the heat requirement separately for a phase change in heat-up applications.

4.3.7 Selection of trace heater

4.3.7.1 General

Basic selection criteria for trace heaters shall include the following.

- The maximum withstand temperature of trace heaters shall be greater than the maximum possible workpiece temperature (which may be greater than the normal operating temperature).
- Trace heaters shall be suitable for operation in the environmental conditions specified, for example, a corrosive atmosphere or a low ambient temperature.
- Trace heaters shall meet the requirements of IEC 62395-1 for use in the particular application.

Site-fabricated trace heaters are permissible provided that:

- installation personnel are competent in the special techniques required;
- trace heaters pass the field (site work) tests specified;
- trace heaters are marked in accordance with the requirements of IEC 62395-1.

It is necessary to determine the maximum allowable power density for each circuit design, such that temperature limits are not exceeded. This is typically determined by theoretical equations and then adjusted as necessary based on the trace heating supplier's empirical data. The limiting value of maximum allowable power density for each trace heater is either the value chosen from the supplier's data or that specified for the system, whichever is the lower. The power density may be reduced if needed by the use of multiple tracing.

The actual installed load should be not less than the design loading and the actual power density not greater than that obtained above. Multiple tracing or spiralling of a single trace heater may be required. The type of trace heater and the values of installed load and power density should be recorded in the system documentation.

4.3.7.2 Specific types of trace heaters

Trace heaters are generally defined by their electrical characteristics.

Series trace heaters typically use the electrical conductor as the heating element, in such a way that the voltage supply and circuit length become critical parameters in the design of each circuit. Series trace heaters with polymeric insulation are particularly suited for installations with long circuit lengths. Series trace heaters with mineral insulation (MI) and metallic sheaths are particularly suited for very high process temperature and high watt-density applications.

Parallel trace heaters typically consist of two parallel conductors with a separate polymeric or metallic heating element that draws voltage from the conductors. These are characteristically used for freeze protection and for temperature maintenance of complex piping installations. The constant wattage type typically has a spirally wound metallic heating element. The PTC type (positive temperature coefficient, see 4.3.7.4) typically consists of a polymeric heating element extruded between the conductors. The power-limiting type typically falls between the previous types, with higher output at higher operating temperatures than the PTC type, and with lower maximum temperatures than the constant wattage type.

4.3.7.3 Selecting the trace heater

When selecting trace heaters the objective should be to minimize the overall installed cost while ensuring the overall reliability and maintainability of the system. It is important to first define the characteristics of different applications.

- Complex piping systems consist of relatively short runs of pipe with frequent tees as well as inline valves and pumps that also require trace heating. While variations occur depending on the control requirements, the average circuit length is typically less than 30 m.
- Interconnecting piping systems are those connecting different areas of an industrial facility and are generally much longer than complex piping. The lengths may be up to 1 500 m and have little inline equipment or branch flow paths.
- Product transfer lines are found in applications like barge-unloading lines and in tank farms.

4.3.7.4 Trace heater performance and equilibrium conditions

Figure 3 shows examples of power output curves for a constant wattage trace heater and for two PTC (positive temperature coefficient) trace heaters with different slope characteristics. The figure also indicates the heat loss through the thermal insulation for a given ambient temperature (in this example $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), and how the heat loss increases as the workpiece temperature increases. In this case the heat loss at the desired maintenance temperature of $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ is 15 W/m . The figure indicates that the trace heater shall supply a minimum of 15 W/m regardless of the type of trace heater selected.

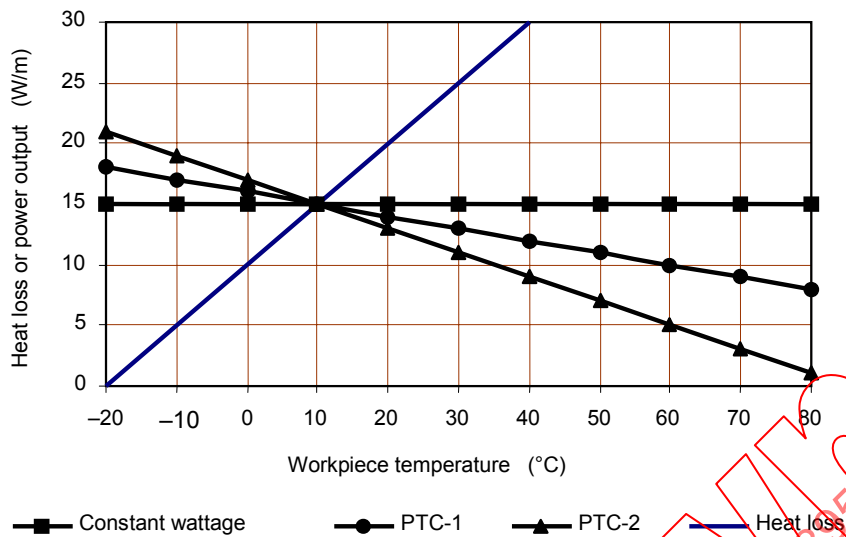


Figure 3 – Equilibrium conditions for workpiece maintenance

Figure 4 shows the same example but from the perspective of evaluating the upper limits. The heat loss line is now plotted for the highest ambient temperature (in this case 40 °C). Also, the trace heater output levels have been increased to illustrate maximum output tolerance. The intersection points (where heat loss is equal to heat input) indicate the highest possible workpiece temperature and the power outputs at these conditions. For example, the potential maximum workpiece temperature for the constant wattage trace heater is 73 °C, and the heat loss and potential maximum trace heater output level are at equilibrium at 17 W/m. Both PTC-1 and PTC-2 indicate somewhat lower maximum workpiece temperatures due to the decreasing slope of the output curves. PTC-2 indicates a potential maximum workpiece temperature of 56 °C, and the heat loss and potential maximum trace heater output level are at equilibrium at 8 W/m. This approach may be used when evaluating the upper limit operating conditions for the stabilized design approach.

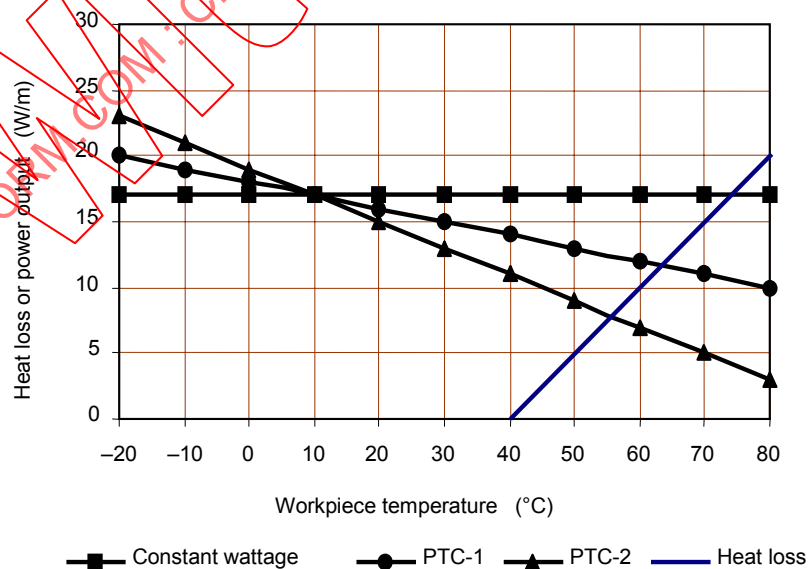


Figure 4 – Equilibrium conditions for upper limit evaluation

The power output levels of different trace heaters are typically provided by the trace heater supplier in the product literature and/or in a design program. In most cases, the output curves

for the PTC trace heater types are defined based on empirical data from test fixtures similar to the test in 5.2.9 of IEC 62395-1 (2006).

4.3.8 Design calculations

4.3.8.1 General

The following characteristics of a trace heating system design should exist for the trace heating system to meet the specified requirements.

- The output of trace heaters shall be greater than the system heat loss including a suitable safety factor. This can be achieved by installing a single trace heater with suitable output, by using multiple passes, or by spiralling if needed to keep the output level as low as possible.
- Potential variations in voltage supply and other system parameters should be determined and compensated for by a safety factor.
- The upper limit characteristics of the system (for example, amperage, heater and workpiece temperatures) shall be evaluated for applications where process temperature accuracy is critical, that have a wide range of ambient temperatures, that have no temperature controller, or that utilize ambient sensing control.

4.3.8.2 Stabilized design

Stabilized design is based on the principle of determining the maximum workpiece and trace heater surface temperatures under a worst-case set of conditions. This is a calculation of the equilibrium conditions that occur when the heat input equals the system heat loss. The worst-case set of conditions includes:

- maximum ambient temperature, typically assumed to be 40 °C unless otherwise specified;
- no wind (still air);
- use of a conservative or minimum value for the thermal conductivity of the thermal insulation;
- no temperature control as per the design or to simulate a failed temperature controller;
- the trace heater is operated at its stated operating voltage plus 10 %;
- the trace heater is assumed to be operating at the upper limit of the manufacturing tolerance, or at the minimum specific resistance for series trace heaters.

This set of circumstances is illustrated graphically in Figure 4. Testing for stabilized design is defined in 5.2.11.2 of IEC 62395-1 (2006). Typically, the maximum surface temperature of the trace heater is calculated from equations derived from the evaluation of empirical data, or by the theoretical approach described below. Many trace heating suppliers have design programs that calculate the maximum surface temperature on the basis of these worst-case parameters.

4.3.9 Theoretical sheath temperature calculations – Metallic pipe applications

The maximum possible pipe temperature is calculated at maximum ambient temperature with the trace heater continuously energized. The formula for calculating the maximum potential pipe temperature is a rearrangement of the terms of the heat loss formula.

$$T_{pc} = \frac{Q_{sf}}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2k} + \frac{1}{D_2 h_{co}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \quad (6)$$

where

T_{pc} is the maximum calculated pipe temperature (°C);

NOTE The maximum process pipe temperature may exceed the calculated value.

Q_{sf} is the upper tolerance trace heater output (W/m);

k is the thermal conductivity of the insulation at its mean temperature (W/mK);

Other terms are defined in earlier equations. Iterative techniques may need to be applied to the calculation of Equation (6) in order to arrive at T_{pc} , since the thermal conductivity of the insulation and the trace heater output may be a function of pipe temperature.

The sheath temperature of a trace heater may be calculated as follows:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{UC} + T_{pc} \quad (7)$$

where

T_{sh} is the trace heater sheath temperature (°C);

C is the trace heater circumference (m);

U is the overall heat transfer coefficient (W/m²K)

The overall heat transfer coefficient is different for each trace heater type, installation method and system configuration. It is a combination of conductive, convective and radiation heat transfer modes. The value of U can vary from 12 W/m²K for a cylindrical trace heater in air (primarily convective) to 170 W/m²K or more for a trace heater applied using heat transfer aids (primarily conductive). Upon request, the trace heating supplier should provide the U -factor for given applications, or furnish calculated or experimentally determined sheath temperatures.

The actual power output of the trace heater should not exceed the stated upper tolerance output, and the operating sheath temperature should not exceed the calculated maximum sheath temperature.

4.3.10 Theoretical sheath temperature calculations – Non-metallic pipe applications

For non-metallic pipe applications, the pipe wall thermal resistance should be considered, as the non-metallic pipe is a poor heat transfer medium. These materials may have a thermal conductivity (k -factor) 1/200 of that of steel, and a substantial temperature difference may develop across the pipe or tank wall depending on the trace heater power density. This higher than normal temperature (when compared to tracing metallic pipes and vessels) may have two adverse effects:

- a) the non-metallic pipe maximum allowable temperature may be exceeded;
- b) the trace heater maximum allowable sheath temperature may be exceeded.

The sheath temperature of the trace heater under normal operating conditions is in principle obtained from Equation (7). However, in obtaining U , the effect of the thermal resistance of the pipe wall should be included. The overall heat transfer coefficient for plastic pipe is

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad (8)$$

where

U_p is the overall heat transfer coefficient for a non-metallic pipe (W/m²K);

U_m is the overall heat transfer coefficient for a metallic pipe (W/m²K);

L is the pipe wall thickness in metres (m);

k_p is the thermal conductivity of the pipe wall material (W/mK).

Because of the additional thermal resistance of the non-metallic pipe wall, a temperature difference exists across the pipe wall; that is, the outside pipe wall and fluid temperature are not the same as in the case of metallic pipe. Therefore, the fluid temperature should be considered.

For non-metallic pipe,

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{U_p C} + T_f \quad (9)$$

where

Q_{sf} is the upper tolerance trace heater output (W/m);

T_f is the fluid temperature (°C).

Equation (9) is a conservative simplification of a complex problem that involves criteria beyond the scope of this technical specification. The individual trace heating supplier should provide sheath temperature design information for specific applications.

The actual power output of the trace heater should not exceed the stated upper tolerance output, and the operating sheath temperature should not exceed the calculated maximum sheath temperature.

4.3.11 Design documentation

Trace heater circuits shown on a drawing should depict their physical location, configuration, and relevant data, along with the associated piping systems. The drawing and/or design data should include the following information:

- a) piping and vessel system designation;
- b) pipe size, vessel dimensions, and material type;
- c) piping or vessel location and/or line (identifying) number;
- d) trace heater designation or circuit number;
- e) location of power connection, end seal, and temperature sensors as applicable;
- f) trace heater number;
- g) design data such as:
 - 1) temperature to be maintained;
 - 2) maximum process temperature;
 - 3) minimum ambient temperature;

- 4) maximum exposure temperature (when applicable);
- 5) maximum sheath temperature;
- 6) heat-up parameters (when required);
- 7) length of piping;
- 8) trace ratio of trace heater per length of pipe;
- 9) extra length of trace heater applied to valves, pipe supports, and other heat sinks;
- 10) length of trace heater;
- 11) operating voltage;
- 12) watts per unit length of trace heater at desired maintenance temperature;
- 13) heat loss at desired maintenance temperature per unit length of pipe;
- 14) watts, total;
- 15) circuit current, start-up and steady state;
- 16) thermal insulation type, nominal size, thickness, and k -factor;
- 17) bill of material.

The drawing should also indicate the power distribution panel number or designation, the alarm and control equipment designation, and set points.

4.3.12 Start-up at low ambient temperatures

When trace heating systems are started at very low ambient temperatures, there may be initial current surges that could cause nuisance tripping of current protective devices. The rating and characteristics of current protective devices should be appropriate for the trace heating systems where low ambient start-up conditions may occur. Reference should be made to the trace heating supplier's instructions for additional details and recommendations in these cases.

4.3.13 Long trace heater circuits

Parallel trace heaters exhibit a variation in power output, which reduces incrementally along the length of the circuit.

The power density at the end of the circuit is less than the nominal value due to the voltage drop in the conductors. The length of the circuit shall therefore be evaluated such that the performance of the heating circuit is not compromised.

Conversely, at the start of the circuit, the tracer produces a power density that is greater than the nominal value. This is because the heating effect of the resistor is supplemented by heat produced in the conductors. Again, the length of the circuit shall be evaluated such that limiting temperatures are not exceeded.

This variation in power output along the length of the tracer should be considered in determining the location of temperature sensors.

4.3.14 Chimney effect

Long, vertical piping runs, where close temperature control is needed, may require two or more control circuits. Due to convection, a substantial temperature difference from the bottom to the top of the vertical run may occur. The maximum control circuit length for a long, vertical run depends on the maintenance temperature tolerance and the fluid characteristics inside the pipe. The trace heating supplier typically provides specific design information for these situations.

4.4 Electrical design

The electrical system shall conform to applicable international, national, and local codes in addition to the requirements given in this technical specification. In addition to the proper sizing of the electrical power requirements and distribution equipment, attention should be paid to branch circuit protection. Heater start-up currents and their duration at the minimum start-up temperature should be considered.

Each trace heater branch circuit or each trace heater shall have circuit protection capable of interrupting high-impedance earth faults as well as short-circuit faults. This may be accomplished by an earth-fault protective device with a nominal 30 mA trip rating or a controller with earth-fault interruption capability for use in conjunction with suitable circuit overcurrent protection. For higher leakage current circuits, the trip level for adjustable devices is typically set at 30 mA above any inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater, or as specified by the trace heating supplier. Where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installed systems, and continued circuit operation is necessary for the safe operation of the equipment or processes, earth-fault detection without interruption is acceptable if alarmed in a manner to ensure an acknowledged response.

Where conduit is used for power connection, a low point drain in the conduit leading to the power connection box is recommended.

Permanent tagging and identification shall be defined and later installed as specified in 4.7.10.

4.5 Control and monitoring system design

4.5.1 General

Control and monitoring systems shall meet the minimum requirements for the application, according to the process level and process temperature accuracy defined in 4.2.3.

The control and monitoring equipment should ensure that any high-limit temperature is not exceeded. It may also provide necessary isolation, and monitoring of fault conditions, over-current protection, and residual current protection if required. It is essential that integration of the trace heating system with plant operational and safety requirements, as defined by the trace heating system designer, is fully implemented.

The control system should open the circuit if a malfunction occurs in the sensor or the control device. Control may be provided in certain cases by sensing parameters other than temperature, such as electrical current. Specific requirements for controlled designs are found in 4.4 of IEC 62395-1 (2006).

4.5.2 Mechanical controllers

Mechanical controllers, such as thermostats, utilize two alternative principles: a bimetallic element or the expansion of a fluid confined within a bulb or a bulb and capillary. Changes in temperature cause positional displacement which actuates electrical contacts to open or close the circuit.

Mechanical controllers are rugged; however, the short sensing element prevents remote panel mounting, and field calibration is cumbersome.

Selection of the mechanical controller shall take into account the maximum and minimum temperature rating of the sensor and its component parts, any corrosive conditions and its positional sensitivity to which it may be subjected.

4.5.3 Electronic controllers

The sensors of electronic controllers typically comprise resistance temperature detectors (RTDs), platinum resistance thermometers (PRTs), thermistors, thermocouples (T/Cs), or other temperature sensing devices. The controllers can be located several hundred metres away from the sensor and are often located in the control and distribution panel for ease of operator and maintenance access.

These controllers electronically process the sensor signal in order to switch an electro-mechanical relay or solid-state device for on-off or phase control.

4.5.4 Application suitability

Freeze protection systems having control Type I may only require an on/off switch with indicator light or an ambient sensing mechanical thermostat controlling a number of trace heater circuits. For improved energy efficiency and accuracy for control Types II or III, a temperature control system sensing the workpiece temperature may be considered.

Most process temperature applications are considered controls of Type II or III that require sensing of pipe temperature; these are typically provided with at least a mechanical thermostat.

For critical applications and/or where temperatures are to be controlled within a narrow band (Type III), alarm functions such as annunciation of high and low process temperature and trace heating circuit failure may be required. When specifications require it, electronic controls should be used. Systems are often provided with continuity, earth fault, and system diagnostic alarms and high-limit temperature switching. Depending on the system requirements, high-limit signals may be configured to operate an alarm and/or to operate the circuit protection device.

Type III control approaches are recommended for fire sprinkler systems and safety showers, with alarm annunciation when ground fault circuit protection interrupts the circuit. Low temperature alarms are required for fire sprinkler lines. For further requirements, refer to local and national regulations (for example, high limit alarm for safety showers).

See Table 2 for Type II and III control and monitoring recommendations.

Table 2 – Recommendations for monitoring and control – Type II and III control

Type	Control			Monitoring				
	Ambient	Line sensing		Low temperature	High temperature	Ground fault	Trace heater supply voltage	High/low current
		Mechanical	Electronic					
Type II								
Potable water ≤150 mm	R	—	—	—	—	—	—	—
Potable water > 150 mm	—	R	—	—	—	—	—	—
Drains	R	—	—	—	—	—	—	—
Hot water	—	—	—	—	—	—	R	—
Grease	—	M	—	—	—	—	—	—
Fuel oil	—	M	—	—	—	—	—	—
Type III								
Safety showers	—	M	R	R	M	—	R	—
Fire sprinklers	M	—	M ^a	M	—	M ^b	M	M
M = minimum required R = recommended								
a The controller should be of a type that monitors its operation and alarms upon failure of system functions. Alarm output should be a type that changes state upon alarm or loss of controller supply voltage. Alarm output shall be connected to a fire detection alarm system.								
b The ground fault monitor should alarm.								

4.5.5 Location of controllers

Electronic controllers are often grouped in a common cabinet. Where possible, temperature controllers should be sited to allow free and easy access for convenient maintenance and calibration.

4.5.6 Location of sensors

The following points should be considered in determining the location of sensors.

- The number and location of sensors is determined by the requirements of the design criteria. Sensors should be positioned at points that are representative of the maintain temperature.
- Where two or more trace heaters meet or join, sensors should be mounted 1 m to 1,5 m from the junction.
- If a trace heating circuit includes both piping and in-line heat sinks or heat sources, the sensor should be located on a section of pipe in the system approximately 1 m to 1,5 m from the in-line heat sinks or heat sources.
- Where a pipeline heating circuit runs through areas with different ambient temperatures (such as inside and outside a heated building), two sensors and associated controls may be required to control pipeline temperatures properly.
- In complex piping systems, the material flow patterns should be evaluated for all possible circumstances before selecting the sensor location. Detailed information on this evaluation is given in 4.5.9 and 4.5.10.
- The temperature sensor for control should be located to avoid direct temperature effects from the trace heater. The sensor should be securely mounted to ensure good thermal contact with the workpiece.

- g) The temperature sensitivity of certain process materials and certain types of piping materials may warrant both a control and high-limit temperature device. The control sensor should be located at least 90° around the circumference from the trace heater. The high-limit sensor is also typically located at 90° from the trace heater but not adjacent to the other sensor. The controller for this sensor should have a set point at the material or system maximum allowable temperature, minus a safety margin.
- h) When using a high-limit temperature sensor, the sensor may be located directly on the trace heater. In this case, the controller is set to the defined maximum sheath temperature of the trace heater, minus a safety margin. The sensor may be located away from the trace heater so as not to act as a heat sink. In this case, the set point shall be lower than the maximum sheath temperature to compensate for the calculated differential between the pipe temperature and the sheath temperature.

4.5.7 Alarm considerations

4.5.7.1 General

The primary function of an alarm circuit is to alert operating personnel that the trace heating system may be operating outside the design limits and shall therefore be checked for possible corrective action. The type and function of the various alarm systems depend on the requirements of the system (see 4.2.3). Any, or all, of the alarms may be incorporated in data-logging equipment. Characteristics of the most common devices are listed in 4.5.7.2 to 4.5.7.4.

4.5.7.2 Trace heating circuit alarm

A trace heating circuit alarm is used to detect loss of current, voltage, or continuity of the trace heating circuit, and includes (but is not limited to) the following devices:

- a) current-sensing device which monitors the trace heater current and signals an alarm if the current drops below a pre-set minimum while the temperature switch is closed;
- b) voltage-sensitive device, which monitors voltage at the end of the trace heater (usually a parallel-type heating cable) or monitors voltage on a return wire;
- c) resistance-sensing or continuity-sensing devices which monitor the trace heating circuit when the system is de-energized. Usually, a low-voltage signal or pulse is transmitted into the trace heater and monitored.

4.5.7.3 Temperature alarms

Low and high temperature alarms are often incorporated with a temperature controller, or fitted as separate devices, and have the following functions.

- a) Low-temperature alarm: this indicates that the piping or vessel trace heating system temperature has fallen below a pre-set minimum and that subsequent cooling may be beyond acceptable operating design criteria.
- b) High-temperature alarm: this indicates that the piping or vessel trace heating system temperature has exceeded a pre-set maximum temperature and that subsequent heating may be beyond acceptable operating design criteria.

4.5.7.4 Other alarms

Other available alarms include (but are not limited to) the following devices.

- a) Auxiliary contact alarm: the alarm is used to indicate when an auxiliary switch is closed and power is being supplied to the trace heating circuit. It provides information to the operator to confirm proper operation of the contactor, but does not ensure proper operation of the trace heating circuit if a secondary contactor is open or if the trace heater has lost continuity.
- b) Residual current protective devices: devices with a nominal 120/240 V a.c. operating voltage, and a single, selected current trip level that are also available with alarm contacts. These devices monitor the electrical circuit earth-leakage current. If the total

exceeds the selected device's trip current, the device will trip, indicating a failure and interruption of the power to the circuit. Additionally, these monitoring devices are available with an alarm-only function.

- c) Switch-actuated alarm: the alarm is usually initiated by an auxiliary alarm switch on the temperature controller.
- d) Current-sensing apparatus: the apparatus consists of a temperature control bypass switch and an ammeter or current-sensitive relays and alarms.
- e) Diagnostic alarm: this alarm is initiated by a diagnostic circuit within the electronic controller, signalling failure of an internal control or data processing logic circuit.

4.5.8 Integrated control

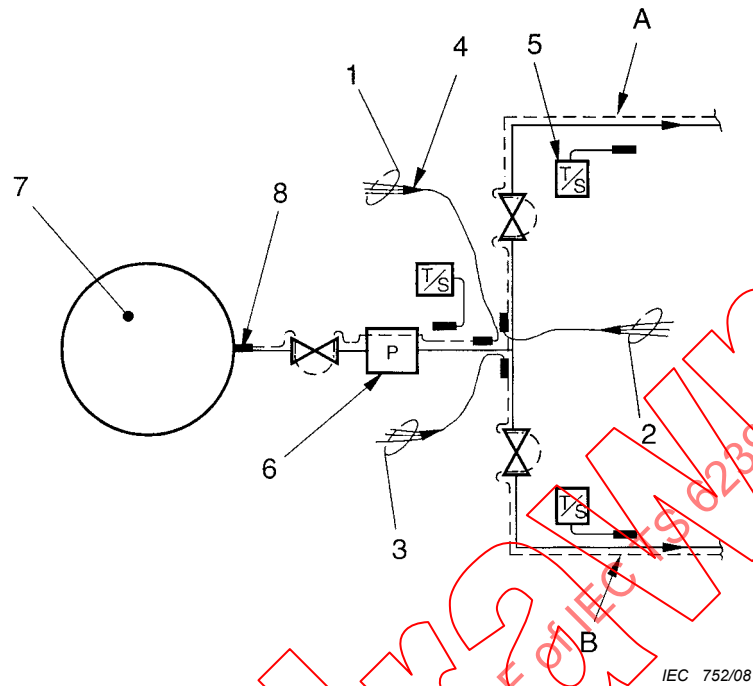
Trace heating system control and alarm circuitry may need to be integrated with a central (master) control and monitoring system. Careful consideration should be given in the selection of equipment that is compatible in both the control and supervisory functions to ensure successful and reliable data transfer.

4.5.9 Flow pattern analysis

Where critical temperature control is required, all possible flow conditions in the piping network should be considered in determining the trace heating circuit segments. This is illustrated by the heated tank example shown in Figure 5. All three trace heating circuits with separate controls are necessary to maintain the piping system at its desired maintenance temperature. When the heated product flows from the tank through pipe A, circuit No. 1 and circuit No. 2 are de-energized, and circuit No. 3, which is heating the non-flowing line, remains energized. If all three circuits are combined into one, using only one control, the non-flowing line A or B is de-energized and drops below the desired maintenance temperature.

A bypass around a control valve is another common occurrence where additional circuits are needed, as shown in Figure 6.

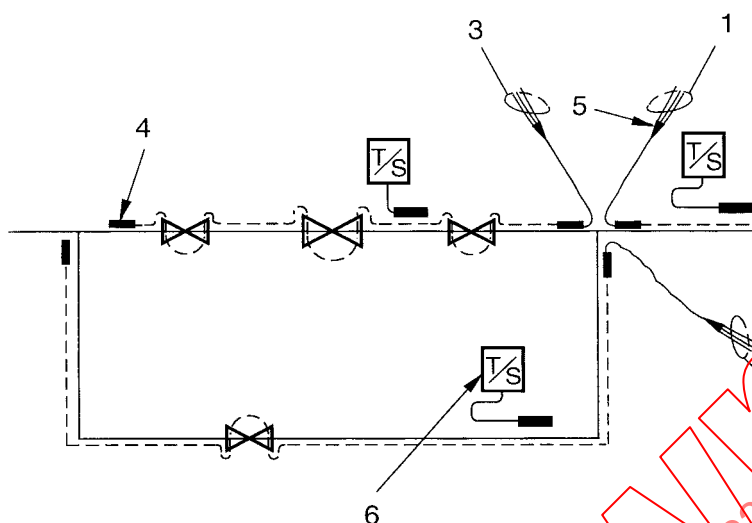
These are two examples of piping systems for which the circuit design needs close attention. Dead legs and manifold systems also require careful arrangements of the trace heating devices and their associated controls.



Key

- | | | | |
|---|----------------------|---|---------------------|
| A | Pipe A | B | Pipe B |
| 1 | Circuit No. 1 | 5 | Temperature sensor |
| 2 | Circuit No. 2 | 6 | Pump |
| 3 | Circuit No. 3 | 7 | Heated tank |
| 4 | Cold end termination | 8 | Hot end termination |

Figure 5 – Heated tank example

**Key**

- | | |
|-----------------|------------------------|
| 1 Circuit No. 1 | 4 Hot end termination |
| 2 Circuit No. 2 | 5 Cold end termination |
| 3 Circuit No. 3 | 6 Temperature sensor |

Figure 6 – Bypass example**4.5.10 Dead-leg control technique**

This is a technique that is sometimes used for the temperature control of very complex piping networks and manifold systems. It can also be used where the total number of temperature controllers is to be kept to a minimum at the expense of some energy savings and control accuracy. The technique consists of locating or fabricating a section of pipe that

- has a static flow condition at all times;
- has the same heat loss as the other piping to be controlled. Then, regardless of flow conditions, all sections will be heated. All sections that have static flow conditions at the same time will have the proper amount of heat required as the ambient temperature varies. Pipe sections that have flow may be heated unnecessarily. The merits of the dead-leg approach lie mainly in the trade-off in energy savings against savings on initial costs. Caution should be exercised when using this technique with temperature sensitive products.

Care should be taken that, first, the dead-leg section for control is long enough so that its temperature is not affected by flow in the adjoining piping, and, second, that the temperature sensor is located on the portion that is thermally independent of flow conditions.

4.6 Special design considerations**4.6.1 General**

Special design conditions may exist for some applications. Subclauses 4.6.2 to 4.6.5 describe these possible conditions for freeze protection systems, sprinkler systems for fire suppression, hot water systems and specialty lines.

4.6.2 Freeze protection systems

The following considerations may apply to freeze protection systems.

- a) In applications where the trace heater is located in a channel, the limiting channel temperature should be specified, and the designer should account for potential higher sheath temperatures. PTC trace heaters typically exhibit a lower output under these conditions.
- b) If energy conservation is a concern, ambient proportioning or line sensing controllers are recommended for relatively large pipe sizes (~150 mm and larger) and for locations that are at, or near, freezing for weeks at a time.
- c) Trace heating for emergency eyewash units, safety showers, and associated supply piping shall be correctly designed to prevent freezing or to maintain a tempered water system as described in 4.6.4. For safety of personnel, the water shall not exceed a maximum temperature as determined by local codes or standards (see Table 3).

4.6.3 Sprinkler systems, fire suppression

There are both wet and dry type fire suppression sprinkler systems. The wet type utilizes water-filled piping, while the dry type has a control valve that floods the branch piping when a sprinkler head or other sensor is activated.

Wet systems are simple and reliable but may not be allowed for fire suppression systems in some areas subject to freezing conditions. Therefore, dry systems are often specified for areas subject to freezing, but these can have problems with reliability. In particular, control valves may leak causing the system to flood or freeze, or may not open after remaining closed for an extended period of time. In addition, pipe scale can create a maintenance nuisance, and a system that has been activated should be completely dried out before being reset.

Trace heating systems can be used to protect wet systems in areas with occasional freezing temperatures, and in areas where dry systems are typically used. The systems typically include a monitoring function for trace heater operation, a failsafe temperature control, and means to prevent overheating of the trace heater and piping system.

Multiple pipe segments may be controlled by a single controller since the system is non-flowing.

NOTE Trace heating for branch lines and sprinkler heads is not covered in this technical specification.

4.6.4 Hot water services/tempered water

System design temperatures for hot water systems are indicated in Table 3. The trace heating supplier should verify the operating temperature and the maximum system temperature. If the piping system operates at temperatures in excess of 65 °C or experiences temperatures in excess of 85 °C at start-up, the trace heating supplier should specify the proper trace heater selection.

The trace heater should be selected and the system designed such that the maximum withstand temperatures of all piping materials in contact with the heating system are not exceeded.

Line sensing temperature control is recommended for areas where the ambient temperature variation is greater than 3 °C, where vertical risers extend more than 3 m, and to maintain temperatures of 80 °C or higher.

Table 3 – Recommendations for hot water services and tempered water temperatures

Application	Temperature °C
Safety showers and eyewashes	16 to 35
Hot water service without mixing valves	40
Nursing homes and hospitals	40 and 46
General purpose	49 to 60
Laundry service	71
Kitchen sanitization	82

NOTE Consult local codes for specific application temperature requirements.

For disinfecting, a minimum of 55 °C is typically required for hot water services with mixing valves. It is recommended that the control system be evaluated for reliability, ease of calibration, narrow differential temperature band, and alarm indication.

Specific maintenance temperatures may be required for emergency eye wash units and safety showers in some applications, such as chemical exposures where water temperature may accelerate the reaction. Consult local or national codes for clarification.

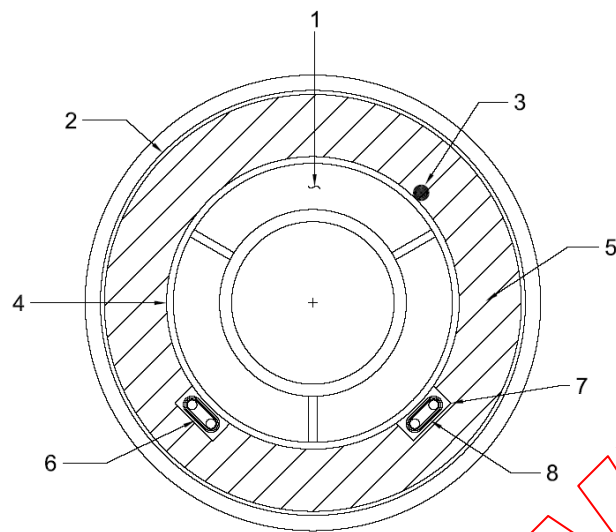
Tempered water for eyewash and safety shower systems should not exceed 35 °C. The system should be demonstrated to be fail-safe, or line sensing high-limit temperature control with high-limit alarm shall be provided. Feeder piping leading to emergency eyewash and safety showers shall also be maintained at the required system temperatures.

4.6.5 Specialty lines

NOTE Systems intended for use in explosive atmospheres are covered by IEC 60079-30-1 and IEC 60079-30-2.

The following considerations may be applicable to specialty lines.

- When necessary, the outermost trace heater jacket or sheath should be resistant to potential exposure to the materials in the piping system.
- When double containment piping is provided, the trace heater should be applied to the outer surface of the containment pipe under the thermal insulation.
- When double containment piping is prefabricated/pre-insulated, a channel should be provided on the outer surface of the containment pipe. See Figure 7. The trace heating supplier should specify thermal output and maximum sheath temperature. Splicing should be avoided. If required, it is recommended that splices be made in suitable enclosures and sealed.
- Line sensing temperature control with the sensor 90° from the trace heater is recommended.
- For underground pre-insulated pipe, the heat loss is based on the temperature difference between the minimum soil temperature and the maintain temperature.
- The trace heater should be mounted on the bottom of the piping or culvert for systems that rely on gravity flow. Refer to Figure 8a. Line sensing temperature control with the sensor located 50 mm from the trace heater is recommended.
- For a similar system with plastic piping, the trace heater watt density should be considered. Two lower wattage trace heaters are often used at four and eight o'clock instead of one trace heater at six o'clock. Refer to Figure 8b. The temperature sensor should be located at the six o'clock position between the trace heaters.



Key

- | | | | |
|---|------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | Containment (dead air space) | 5 | Rigid foam insulation |
| 2 | Weather barrier | 6 | Second trace heater (optional) |
| 3 | Temperature sensor | 7 | Channel |
| 4 | Containment piping | 8 | Trace heater |

Figure 7 – Double containment system

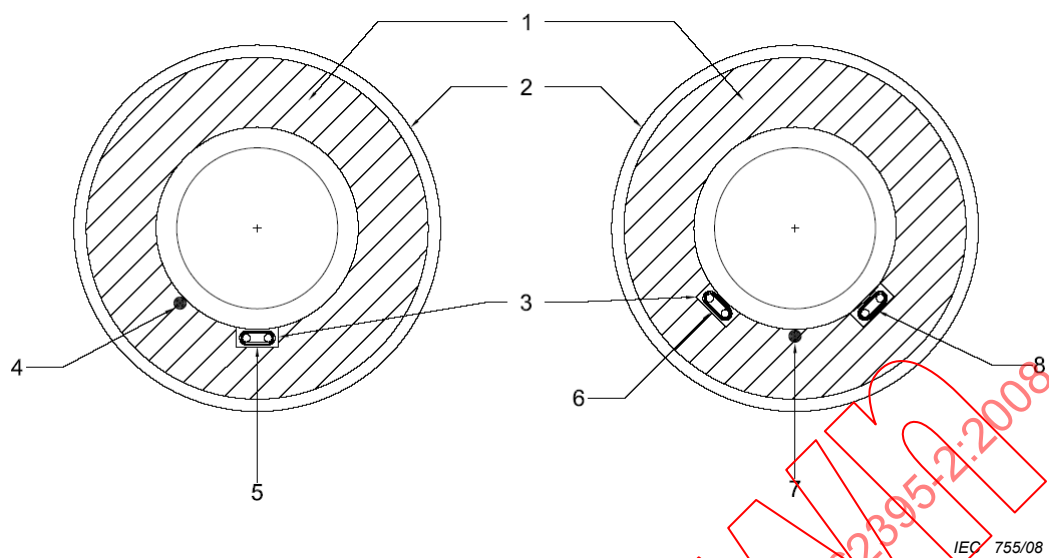


Figure 8a – One trace heater

Figure 8b – Two trace heaters

Key	
1	Rigid foam insulation
2	Outer jacket
3	Channel
4	Temperature sensor
5	Trace heater at 6 o'clock
6	Second trace heater at 8 o'clock
7	Temperature sensor
8	First trace heater at 4 o'clock

Figure 8 – Gravity flow piping systems

4.7 Installation

4.7.1 General

Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular application. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it is necessary to ensure that the original design parameters are still valid. Correct installation, appropriate testing, and maintenance according to the installation procedures are essential for satisfactory performance and safety. The supplier of the trace heating system should provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components.

Not all of the following procedures are applicable for every installation; consult with the trace heating supplier for specific recommendations. Each aspect of the installation should be checked after completion.

4.7.2 Personnel aspects

Persons involved in the installation and testing of electric trace heating systems should be suitably trained in all the special techniques required. Installation should be carried out under the supervision of a qualified electrician who has undergone supplementary training in electric trace heating systems. Only specially trained personnel shall carry out especially critical work, such as the installation of connections and terminations.

4.7.3 Preparatory work

Installation of the trace heating system should not begin until all piping runs and pieces of equipment have been pressure-tested and all related instrumentation has been installed. The workpiece surface on which the trace heater is to be installed should be free from rust, grease, oil, etc. Any sharp protrusions such as weld splatter, cement splash, etc., should be removed. All coatings or finishes applied to the heated surfaces should be suitable for the intended duty. The installation of the trace heating system should be coordinated with the workpiece, thermal insulation and instrumentation work in order to ensure a scheduled completion date. Scheduling for the installation of thermal insulation should not occur until the electrical trace heating has been completely installed and tested.

The equipment to be traced should be verified such that the length of piping and the number of vessels, valves, flanges and components agree with the design drawings. If a change is made to the equipment to be traced, the schedule of trace heating materials should be reviewed and revised if necessary.

Upon receipt of trace heating components, the correct type and quantities of materials should be checked and documented. In addition, receipt of installation instructions and the certificate of conformity or declaration of conformity from a notified body, as required, should be verified.

Series resistance trace heaters should be checked to ensure that the installed lengths correspond to the design length and loading.

For parallel circuit trace heaters, the total circuit length should not exceed the supplier's recommendations.

Materials should be stored in protected, dry areas. Materials are to be released only as required on the jobsite, so as to avoid any unnecessary handling and inadvertent damage.

4.7.4 Preliminary installation of trace heating circuits

A pre-installation checklist similar to that of Annex A is recommended; the table as shown indicates specific guidelines for the preliminary installation. The following list includes supplementary considerations.

- a) Trace heaters and preassembled connections should be visually checked for damage. Continuity and insulation checks should be made as a final check. Insulation resistance should be measured in accordance with 4.7.5.
- b) Individual controls should be tested to ensure correct calibration, and correct operation regarding set points, operating temperature range, and temperature span.
- c) Vendor fabricated and assembled control panels should include documentation certifying that all wiring, layout and functions are correct and that they have been tested. Upon receipt of the control panels at the work site, a general inspection should be made to confirm that no damage has occurred in transit.

4.7.5 Insulation resistance test

Insulation resistance shall be measured from trace heater conductors to the metallic covering with a minimum 500 V d.c. test voltage. However, it is recommended that higher test voltages be used; mineral insulated trace heaters should be tested at (but not exceeding) 1 000 V d.c., and polymeric insulated trace heaters should be tested at 2 500 V d.c. The measured insulation resistance shall not be less than 20 MΩ.

4.7.6 Installation of trace heater systems

4.7.6.1 General

Trace heaters should be attached in accordance with the supplier's instructions, in a manner to avoid damage due to impact, abrasion or vibration. Special care should be taken at flanges, valves and other fittings to orient trace heaters to avoid damage from sharp or jagged surfaces. The installation should include sufficient material to accommodate movement and vibration of the piping and equipment.

The installer should understand the importance of the tracing system to provide uniform heating of the piping and other equipment, noting that equipment with greater surface area or heat sinks require additional tracing. Trace heaters should be installed to provide as intimate a contact as is reasonably possible to the surface to be heated. Where such contact is not possible, such as on valves, a suitable heat-conductive covering of temperature rated metal foil or other heat-conducting materials may be used.

The trace heater should not be folded, twisted, or allowed to overlap, cross or touch itself unless this is specifically permitted in the instructions. Attention should be given to the minimum bending radius as stated in the manufacturer's instructions.

In the installation of trace heating systems, only certified components may be used. Otherwise, the system certification will not apply.

4.7.6.2 Installation of trace heaters

Multiple straight trace heaters should be equally spaced around the circumference of the pipe. Additional lengths of trace heater should be provided to compensate for the additional heat losses at pipe supports, hangers, anchors, etc.

While straight runs are preferred for ease of installation and maintenance, spiral tracing may be specified in certain situations. Spiral pitch marking should be made on the pipe and equipment before applying the trace heater in a uniform spiral, starting at the power supply point and maintaining slight tension in the trace heater as it is applied. In no circumstances should the spacing be less than the minimum declared by the supplier.

Spiral tracing runs should be applied in such a way that valves, etc., can be easily removed or replaced. If excess or insufficient trace heater exists at the end of the section to be heated, the spiral pitch should be shortened or lengthened to retain a uniform spiral generally in accordance with the design.

Additional lengths of trace heater should be allowed in the design to compensate for the additional heat losses at valves, flanges, strainers, pumps, etc. These lengths should be applied in accordance with the supplier's instructions.

Trace heating should be installed in such a way that it can be removed to allow replacement of seals and servicing of the inline equipment without damage. Where trace heaters cross possible sources of leaks, for example, flanges, they should be positioned to minimize their contact with such sources.

Fixing materials should be suitable for the maximum exposure temperature and the environmental conditions. For straight tracing runs, they should be located at intervals not exceeding 300 mm, and for spiral tracing runs, not exceeding 2 000 mm. Additional fixings should be applied at bends, flanges and other obstructions. Metal bands should only be used to fix solid metal sheath trace heaters to piping and equipment, and tightened to maintain contact with the surface to be heated. Over-tightening may damage the trace heater.

For non-metallic pipes, the trace heater may be covered continuously with aluminium tape along the entire trace heater length to enhance thermal coupling to the pipe.

The test procedure from 4.7.5 shall be conducted on all trace heaters after installation.

4.7.6.3 Installation of connections and terminations

Junction boxes should have suitable ingress protection and should be located as closely as possible to the trace heater exit point while allowing for any pipe expansion. Junction box lids should not be left open at any time. The boxes should be mounted in such a way that the trace heater cannot suffer damage between the point at which it emerges from the insulation and the point of entry into the junction box. Unused entries on junction boxes shall be blanked off with suitable plugs.

The connection kits and end terminations should be securely fitted in accordance with the supplier's instructions, protected to prevent physical damage, and positioned to prevent the ingress of water or other contaminants that could adversely affect their use or suitability. Factory terminated equipment should be inspected to ensure that such terminations are complete, properly tagged and/or marked in conformity to Clause 6 in IEC 62395-1 (2006). It is important for the installer to verify that temperature ratings of the connections and terminations are suitable for the operating conditions.

When mineral insulated trace heaters are terminated at the job site, the cut ends should be sealed immediately to prevent any moisture ingress. Installation shall be made in accordance with the trace heater supplier's documentation.

If provided, seals and/or cable glands shall be certified. Glands shall be installed according to the instructions required by the certification.

Trace heaters that have been installed and not terminated shall be sealed to prevent ingress of moisture and protected from damage pending completion of the termination.

The test procedure from 4.7.5 shall be conducted on completed trace heating circuits prior to making the final connection to the incoming power conductors.

4.7.6.4 Jointing, splicing and modifications

Jointing, splicing and modifications to the trace heater should be carried out on site only when specified by the trace heater supplier and then only in strict accordance with the supplier's instructions. This applies particularly to any modifications to trace heaters where any change in unit length would alter the power density of the trace heater and affect the sheath temperature. Modifications should be recorded in the system documentation.

4.7.6.5 Earthing requirements

Any metallic covering shall be bonded to the earthing system. If intended to provide a ground path, the connections shall be suitable to carry the required fault current. The chemical resistance of the metallic covering shall be considered if exposure to corrosive vapours or liquids might occur.

High electrical resistance materials, such as stainless steel braids and sheaths, may not provide effective ground paths. Consideration should be given to alternative grounding means or supplemental grounding protection.

4.7.6.6 Conductor terminations

Terminals shall be of sufficient size and rating to accept the conductors, which may be solid or stranded wires or foils. Care should be taken in stripping back insulation to avoid damaging the conductors.

Compression-type connectors or ferrules shall be of the correct size and of an approved type for the conductor concerned. Compression tools should be suitable for the specific types of fittings and be in good condition.

4.7.6.7 Preparation of documentation

The type, length and electrical data of each trace heater circuit should be recorded in the final documentation. The connection points should be recorded in the documentation.

4.7.7 Installation of control and monitoring equipment

4.7.7.1 General

The installer is usually responsible for installing the control and monitoring and distribution panels. These provide, as a minimum, over-current and earth-leakage protection as well as a means of isolation. Some form of temperature control or limitation is usually provided to ensure safe temperatures or for energy efficiency purposes. It is important that the controller is set in such a way that the heater sheath temperature does not exceed the high-limit temperature if applicable.

The selected controllers, thermostats, sensors, and related devices shall meet the requirements of the overall system with regard to the service temperature, the IP rating, and local and national codes. The certification of trace heating systems may prescribe the use of specific components. In these cases, it is mandatory to use only parts specified by the trace heating supplier.

The sensors of temperature controllers measure the surface of the workpiece or the media temperature directly. Where sensors are mounted on surfaces, effective thermal coupling is essential. The diameter and length of the sensors can affect the temperature measurement.

Water and corrosive vapour intrusion can cause failure of temperature controllers. The controller housing should always be closed, except when required for access.

4.7.7.2 Sensor considerations

The sensor should be installed and positioned in accordance with the supplier's instructions, in a location that provides a temperature representative of the overall circuit. The location should be away from obvious heat sinks such as pipe supports and hangers. The control sensor should be positioned so as not to be influenced by the temperature of the trace heater, and not situated in areas of external radiant heat, solar gain, process heat discharge or close to a heated building. Ambient temperature-sensing controllers should be sited in the most exposed position for the installation.

The sensor should be strapped with a good thermal contact with the pipe or equipment and protected so that thermal insulation cannot be trapped between the sensor and the heated surface. Care should be taken not to damage the capillary tube, thermocouple or RTD leads, or to distort the sensor and thereby cause calibration error. The leads are typically run under the thermal insulation, but care should be taken to ensure that they emerge from the insulation in a manner that does not allow the ingress of moisture.

Where direct media temperature sensing is required, the sensor should be located in thermowells at suitable positions, for example, above potential sludge levels in vessels.

For line sensing control on non-metallic pipes, the sensor should be placed 25 mm to 50 mm away from the trace heater and fastened to the pipe with aluminium tape. The aluminium tape should not create a thermal path from the trace heater to the sensor.

4.7.7.3 Controller operation, calibration, and access

The settings of the temperature controllers and safety temperature limiters should be reviewed during commissioning. Depending on the setting possibilities offered by the safety temperature limiters, it is recommended that the limiters be sealed against tampering.

The temperature controller and sensor loop should be calibrated at commissioning if there is indication of a problem (e.g. damage or unusual readings). The controller should be set to the required temperature and re-calibrated from the factory setting if necessary. A function check should be made by adjusting the temperature setting until the controller is seen to energize the trace heater. All measured data should be documented.

4.7.8 Necessary modifications

It may be advisable to verify the surface temperatures of the workpiece to the prescribed designs. If the temperatures measured deviate from the admissible surface temperatures or from the design figures, corrective measures should be taken and the system modified if necessary.

4.7.9 Installation of the thermal insulation system

4.7.9.1 General

Installation of thermal insulation should conform to all applicable national standards and local regulations. It is imperative that the thermal insulation is applied as soon as possible after the installation and testing of trace heaters. The following checks and procedures should be confirmed.

- a) Verification should be made that the type, inside diameter and thickness agree with the values used in selection of the trace heaters. If the insulation thickness differs from the specification, it may not be possible to maintain either the design, operating or surface temperature.
- b) Temporary weather protection should be provided during storage, handling and installation to avoid the risk of moisture being trapped in the thermal insulation beneath its final weather-protective coating or jacket.

4.7.9.2 Installation of the thermal insulation materials

Thermal insulation should be applied to all sections of the pipe and equipment, including flanges, valves, pipe supports, bends, T-junctions, etc. If expansion joints or bellows are installed in the system, provision should be made for their thermal insulation in such a manner that it does not impair the thermal efficiency of the trace heating system.

Oversized thermal insulation may be required in order to ensure that the trace heater and equipment are adequately covered. Other considerations include the following.

- a) It is necessary to maintain adequate distances between the pipes and between pipes and parts of the structure in order to permit installation of the thermal insulation.
- b) It is essential to verify that the insulation thickness equals the specified nominal thickness at all points. Care should be taken not to embed the trace heater in the insulation, because this could cause an increase in sheath temperature. If the specified insulation size does not fit correctly, the next greater insulation thickness can be used in order to accommodate the trace heater.
- c) All penetrations should be sealed to prevent the ingress of moisture. Wherever possible, cutouts should be prepared in advance and should be in the lower 180° segment of the thermal insulation. The thermal insulation should be applied in such a way that permits absolutely tight entry of the trace heaters and thermal sensors or capillary tubes.
- d) The thermal insulation should be cut and tightly fitted to avoid air gaps. Segment joints should be staggered on the horizontal plane to minimize convective heat loss.

- e) During application of the insulation, care shall be taken not to damage the electric trace heaters. The positions of trace heaters, temperature sensors and other devices should not be altered.
- f) The use of metal foil should be considered for covering the trace heater on valves and other irregularly shaped equipment to prevent the thermal insulation from surrounding the trace heater.
- g) Care should be taken to avoid high halide content thermal insulation materials over trace heaters with an exposed stainless steel sheath or braid.

4.7.9.3 Cladding

Where metal cladding is specified, particular care should be taken to ensure that bare edges of metalwork do not come into direct contact with the trace heater or its components.

Areas of greatest risk are as follows.

- a) Flanges: metalwork should be cut back and the exposed face of the thermal insulation finished with a suitable non-absorbent compound.
- b) Valves: a preformed insulating jacket should be cut overlength and carried on to adjacent pipework cladding.
- c) Pipe bends, elbows or tees: care should be taken not to force the adjacent straight pipe section of cladding into the bend and thereby risk damage to the trace heater.

Bends with rolled edge interlocking sections are preferred. A non-hardening sealer should be used between the overlapped sections of metallic weather barriers or jackets. Where rivets or self-tapping screws are used, care should be taken to ensure that any drill or screw selected for use is not long enough to penetrate the thickness of the thermal insulation and damage the underlying trace heater.

Warning labels should be affixed to the cladding at intervals not to exceed 6 m to advise that an electric trace heating system is installed beneath the thermal insulation. These labels should also be placed on the cladding over each valve or other piece of equipment that may require periodic maintenance.

4.7.9.4 Field (site work) circuit insulation resistance test

The test procedure from 4.7.5 shall be conducted on all trace heater circuits after installation, with the requirement that the measured insulation resistance shall not be less than 5 MΩ.

4.7.9.5 Visual inspection

The visual inspection should ensure that

- a) no moisture can penetrate the insulation as a result of weathering (correct position of overlaps or lock beading);
- b) sliding connections (or the like) on weather cladding are sufficiently flexible to absorb any expansion movement;
- c) the screws selected for fastening the weather cladding are short enough to exclude any possibility of damage to trace heaters or to temperature sensors;
- d) the entry cut-outs in the weather cladding for trace heaters, temperature sensors, etc., are dimensioned so as to render contact impossible. Especially in the case of branches, the cladding should be cut sufficiently wide;
- e) the cladding joints and thermal insulation entries are properly sealed with an elastic, non-hardening sealant that is resistant to chemical attack and decay, and is dimensionally stable.

4.7.9.6 Documentation

The thermal insulation and cladding material, size, and thickness should be documented.

4.7.10 Installation of electrical power

System electrical connections and connection to electrical distribution equipment shall be made by trained individuals (electricians for large installations) in accordance with the material supplier's instructions and applicable local and national codes.

Permanent tagging and identification shall be completed as follows and verified for compliance with the marking requirements of IEC 62395-1:

- a) branch circuit breaker;
- b) monitor and alarm apparatus;
- c) trace heater power connection;
- d) circuit number and set point for each temperature controller.

Marking shall be carried out in accordance with IEC 62395-1 for each trace heating circuit on the respective junction box.

4.7.11 Commissioning

4.7.11.1 General

The trace heating system should be commissioned after the thermal insulation has been installed and the electrical distribution is completed. This should include functional checks and updating of documentation as described in 4.7.11.2 and 4.7.11.3. The trace heater commissioning record given in Annex B should be completed and retained.

4.7.11.2 Functional check

The following procedure should be adopted.

- a) Close all branch circuits and verify proper current. A temporary bypass may be required for the temperature control device.
- b) Verify that monitor or alarm circuits operate as intended. A bypass may be required at field contacts.
- c) Fill out the trace heater commissioning record (Annex B) for each circuit. This should clearly document all testing and commissioning data.
- d) Record the electrical insulation resistance values for each measurement taken according to the procedure given in 4.7.9.4.
- e) Record the applied voltage and current as specified by the manufacturer.
- f) Verify that the calibration check at the temperature controller set-point has been performed and the controller has been set at the correct value.

4.7.11.3 Final documentation

Adequate and uniform documentation of the electric trace heating circuits is an essential precondition for economical maintenance of this equipment. This is especially important to facilitate rapid troubleshooting in the event of circuit problems. It also provides the basis for simpler, faster and less costly handling of any desired modifications and expansions by a specialist for the electric trace heating systems.

The documentation of each heating circuit of a trace heating system should include the following elements.

- Design and testing documentation for the installed system:

- a) table of contents;
- b) piping diagram showing the trace heating circuits and the location of power points, connections, splices, tees, end terminations, and temperature sensors for control and limitation;
- c) for vessels: layout of the trace heating;
- d) pipe and insulation list;
- e) individual circuit length of trace heaters;
- f) calculation and dimensioning data;
- g) material list;
- h) trace heater installation instructions;
- i) description of and installation instructions for temperature sensors;
- j) heater commissioning record (Annex B);
- k) temperature profile measurement;
- l) installation certificate.
- Circuit diagrams:
 - m) wiring and circuit diagram;
 - n) terminal connection diagrams;
 - o) switchgear with parts list;
 - p) installation instructions.
- Other:
 - q) technical descriptions and instruction manuals for the individual pieces of equipment;
 - r) functional diagram as agreed to with the design engineer;
 - s) certificates or declarations of conformity from a certification agency, as required.

4.8 Maintenance

4.8.1 General

It is necessary to provide for a routine maintenance program for inspection, recording of the condition, and the repair as required. Significant aspects of an adequate maintenance program include establishing a suitable frequency of inspection, documenting all maintenance operations, and conducting visual inspections, periodic operational checks, and reviews of the electrical protection system.

Not all of the following procedures are applicable for every installation, depending on the complexity of the application.

4.8.2 Training of maintenance personnel

Individuals involved in the inspection and maintenance of trace heating systems should be provided with sufficient training to enable familiarity with the specific types of trace heating installations that they attend. This training shall include any associated apparatus and operational and environment conditions that relate to the system installation. When any alterations or changes to the maintenance methods are affected, the necessary information shall be provided to the skilled personnel in a manner that supports their function.

Where necessary, training in the maintenance concepts should be provided together with refresher or reinforcement seminars.

Training records shall be kept with plant operation documentation.

4.8.3 Frequency of inspection

The frequency of the inspections is a function of the specific location, the type of trace heating system, and the criticality of the application. When electrical trace heating is used for freeze protection, the inspection should occur prior to the winter season. Type II systems should be inspected at least annually, and Type III systems semi-annually or more frequently as required.

4.8.4 Maintenance program documentation

Maintenance program documentation should provide sufficient information to

- a) provide a history of maintenance activities with the reason for each system modification, and
- b) verify the effectiveness of the frequency of inspection.

Records should be maintained on log sheets, such as the form provided in Annex C.

4.8.5 Visual evaluation

The system should be visually examined for possible damage, by inspecting the exposed components of the trace heating system. Specific areas to be reviewed include:

- a) cable entries;
- b) junction boxes;
- c) exposed trace heating and electrical cables;
- d) seal fittings at each affected power connection, tee, splice, and end termination;
- e) proper tightness (torque) of electrical connections;
- f) absence of moisture and proper sealing of thermostats and control cabinets;
- g) thermal insulation and weather barrier;
- h) indications of overheating;
- i) presence of leaks, corrosion, and foreign matter.

Junction boxes should be checked to verify that they are free of moisture and water. The thermal insulation and weather barrier should be replaced or repaired as needed.

4.8.6 Electrical evaluation

All circuits and controls should be checked for proper operation during inspections. Each circuit should be checked for normal current and properly applied voltage. Ground-fault equipment protective devices should be tested at least once per year with the trace heating system energized. When the trace heating is used for critical process control, operational checks should be carried out on a more frequent basis.

The electrical insulation resistance and trace heater continuity should be checked after any mechanical maintenance has been performed on pipelines, vessels, or equipment that has been heat traced. After the trace heater or total system is completely isolated from the electrical supply, insulation resistance should be measured from the trace heater conductors to the metallic covering with a minimum 500 V d.c. test voltage. The measured insulation resistance shall not be less than 20 MΩ.

For Type III applications, the trace heater performance should be verified by measuring the current draw for each circuit at 2 min to 5 min after energization and at 15 min after energization. This value should be recorded along with the local pipe temperature. If possible, the measured value should be compared to the trace heating supplier's output rating at the measured pipe temperature.

Discrepancies in measured values to prescribed values should be resolved.

4.8.7 Review of the electrical protection system

The inspections should include all connections to earthing systems, to verify that the connections are tight and have not corroded. During the periodic operational checks, the integrity of the earthing should be checked by measurement of resistance.

All controls (thermostats, indicating lights, meters, controllers, etc.) should be checked for proper operation and indication. It is necessary to check that protective devices are set as originally specified. All control devices (thermostats, indicating lights, meters, controllers, etc.), controller set points, system alarm limits, and proper operation of the controller should be checked according to the specification of the trace heating supplier.

4.9 Repair

4.9.1 General

After the cause of a circuit fault has been determined, the defects should be rectified by site repair or replacement. Site repair should be carried out only if the following conditions are satisfied.

- a) Design and construction characteristics of the trace heater are maintained, for example, mechanical strength and water resistance.
- b) A method of repair is recommended in the trace heating system documentation recognizing any special materials and tools.
- c) No local hazards are created in carrying out the repair.
- d) It does not invalidate the certificate for certified apparatus. Any repairs to certified apparatus shall be strictly in accordance with specific instructions incorporated in the certificate schedule.

4.9.2 Fault location

Specialized methods of fault location are necessary for electric trace heating systems covered by thermal insulation and metallic cladding, and advice should be sought from the electric trace heating system supplier. Faults may be characterized by mechanical damage, corrosion, overheating, or ingress of moisture.

Possible steps include the following.

- a) The exact layout of the trace heating circuit can be determined from the system documentation. In addition, an "induction" instrument operating at approximately 1 000 Hz can be used to inject a signal into the electric trace heating device and the route of the device should be followed by the audible signal obtained from the instrument.
- b) The type of fault should be determined, for instance, open-circuit or leakage-to-earth.
- c) If there is an open circuit or low resistance to earth of less than approximately 500 Ω , a pulse echo or reflection instrument can be used with a considerable degree of success. Other faults may be located using a resistance bridge-type instrument.

4.9.3 Practicability of repair to electric trace heaters

If a trace heater has not previously been energized and mechanical damage has resulted in breakdown in electrical insulation, severed conductors or ingress of moisture, repair should normally be possible.

If the fault is found only after electrical connection and the damage is confined to a small area, visual inspection of the trace heater for 1 m on either side of the fault should be undertaken to show whether the electrical insulation is affected other than at the point of mechanical damage.

If a fault is caused by corrosive action and the damage is limited to a small area, a repair should normally be possible. However, if the electrical trace heater has been damaged at more than one point or the damaged area is extensive, the entire circuit should be replaced.

If a fault is caused by localized overheating, then repairs should be carried out only when damage is limited to a small area. Prolonged high current faults may require that the entire circuit should be replaced. If a system design fault is suspected, an evaluation of the trace heater system should be conducted.

4.9.4 Repair techniques for electrical trace heaters

Repairs can generally be made by the use of in-line splices or junction box connections as an alternative to complete circuit replacement. General procedures for repair are given in this subclause (4.9.4), but only the specific methods, materials, and tools specified by the supplier should be used.

The removal of a damaged section of trace heater should not significantly alter the performance of the trace heater from its original design characteristics. Care should be taken to ensure that an in-line splice is not subjected to stresses in operation. This may be achieved, for example, by providing an expansion loop on either side of the joint. The section 150 mm on either side of the joint should not be bent when re-applied to the workpiece and good contact should be ensured. The trace heater and repair joints should be firmly reaffixed to the workpiece to ensure good contact.

If a junction box connection is used, then the fitting of cold leads and connections into the junction box should be in accordance with the supplier's instructions.

Where trace heaters are earthed by means of a metal braid, metal sheath or foil screen, the integrity and continuity of the earth should not be impaired by the repair.

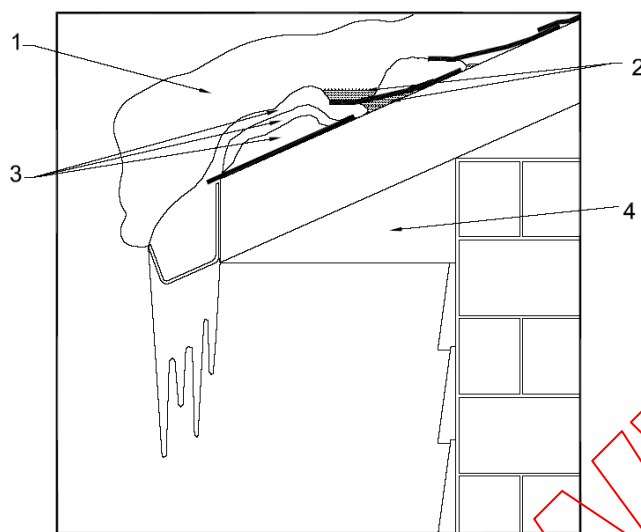
The repaired trace heater(s) should be subjected to the test described in 4.7.5 before re-installation, and the repair information should be recorded with the documentation for the circuit.

5 Roof and gutter de-icing

5.1 Application description

Roof and gutter de-icing systems maintain flow paths in gutters, downspouts and drains and prevent ice build-up (see Figure 9).

Trace heaters intended for these applications shall meet the additional requirements of 5.3 of IEC 62395-1 (2006).

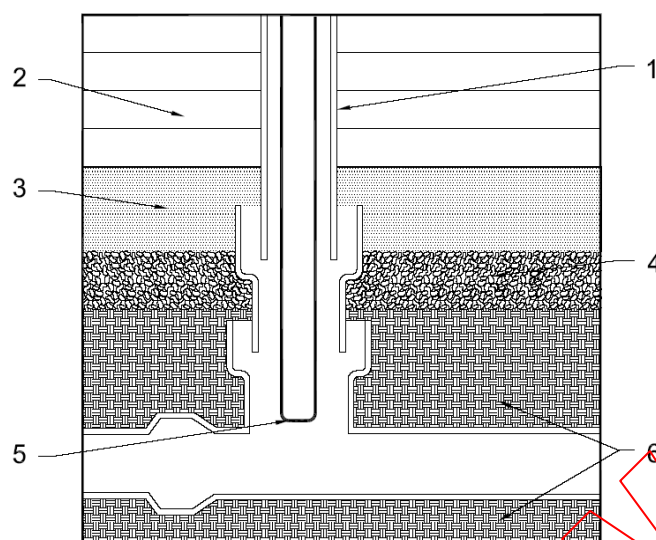
**Key**

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1 Snow | 3 Layered ice dam |
| 2 Water build-up | 4 Soffit |

Figure 9 – Ice dam formation**5.2 Design information – General**

Consideration should be given to the following points when designing a system.

- a) Trace heaters and their components should be UV-resistant.
- b) Splices should be avoided where possible.
- c) A design typically has 1 m of trace heater per 1 m length of gutter. For gutters greater than 150 mm wide, multiple runs of trace heater are recommended.
- d) Heating to downspouts is provided by loops, i.e., double-traced, extending beyond the frost line if incorporated into the drainage system (see Figure 10).
- e) End terminations should be positioned so as to minimize exposure to moisture.
- f) The manufacturer's maximum circuit lengths should not be exceeded.
- g) The manufacturer's attachment devices for trace heater support should be used (see Figures 11, 12 and 13).
- h) Trace heaters are typically rated at 15 W/m for plastic gutters/drains and up to 65 W/m for metallic systems. Self-regulating tracers are recommended where multiple tracing runs are to be installed.
- i) Appropriate quantities of trace heater should be provided for eaves, valleys, and overhangs.
- j) Schematic drawings should be created for each heating circuit.



Key

- 1 Downspout
- 2 Siding
- 3 Sand

- 4 Gravel
- 5 Trace heater loop
- 6 Earth

Figure 10 – Downspout to underground drain

5.3 Thermal design

The heating load required to prevent ice build-up is influenced by a combination of the geometric and dimensional characteristics of the roof and gutter system and the local weather conditions.

5.4 Electrical design

Each trace heater or trace heater branch circuit shall be provided with ground fault protection capable of interrupting high-impedance ground faults. This may be by a ground-fault protective device having a nominal 30 mA trip rating or by a controller having both ground-fault and overload circuit protection capability. For trace heater circuits having higher leakage current, the trip level for adjustable devices should typically be set at 30 mA above the inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater as specified by its manufacturer.

Where uninterrupted circuit operation is necessary for the safe operation of the building, equipment or processes, ground-fault detection without interruption is acceptable if alarmed in a manner to ensure an acknowledged response.

5.5 Control and monitoring system design

It is recommended that the minimum level of control for a roof and gutter de-icing system should include an ambient temperature switch (typically set to energize the system when the air temperature falls below 5 °C) or a moisture sensing switch.

For energy conservation, both ambient and moisture sensing systems are recommended. This more sophisticated control approach is also recommended for the larger, more complex applications.

Where system integrity is important, a loss of voltage alarm is recommended.

5.6 Special design considerations

The following special design considerations may apply when designing a roof and gutter de-icing system.

- a) The trace heater should be selected and the system designed in such a way that the maximum withstand temperature of all roof and gutter materials in contact with the heating system are not exceeded.
- b) The designer should specify the heating requirements for applying heat to a soffit to provide overhang de-icing.
- c) Where roof drains lead into a heated area, a loop of trace heater should be installed to a typical depth of 1 m. If the drain passes through an unheated area, the loop should extend through the unheated area. (See Figure 14.)
- d) For catch basins, additional trace heating should be specified to ensure adequate drainage.
- e) A roof or gutter application that is not specifically mentioned in this Technical specification should be referred to a trace heating designer.

5.7 Installation

5.7.1 General

Prior to installation, it should be verified that the trace heater supplied is in accordance with the design. The layout of the trace heaters on roofs is similar regardless of the roofing material (tile, slate, etc.). The following general procedures are recommended.

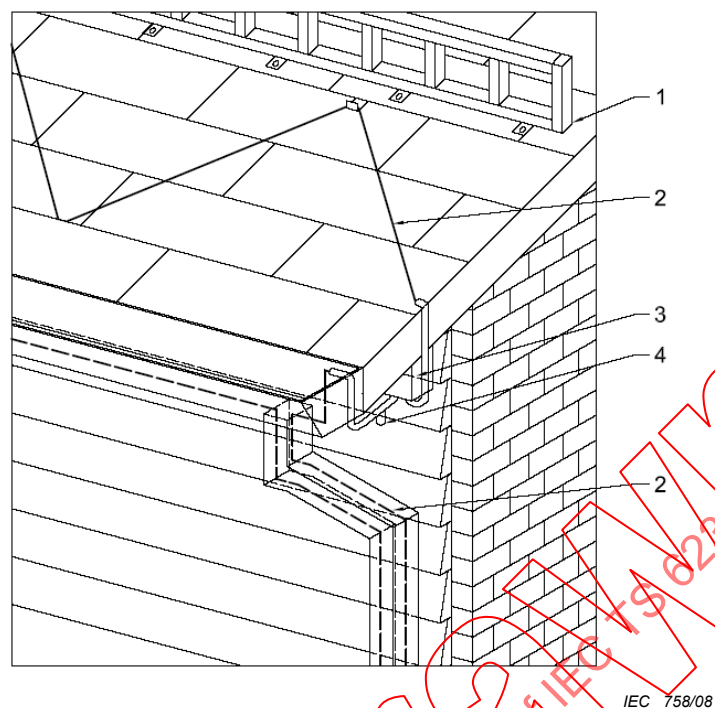
- a) The workpiece should be cleared of debris.
- b) A weatherproof power connection should be used.
- c) The trace heater installation should begin at the power connection and be routed as shown on the designer's drawings.
- d) An insulation resistance test should be conducted and the results should be recorded using a test voltage of at least 500 V d.c. However, for mineral insulated trace heaters, a maximum test voltage of 1 000 V d.c. is recommended, and for polymer-insulated trace heaters, 2 500 V d.c. is recommended. The measured value should not be less than 20 MΩ.

5.7.2 Trace heaters and component mounting

Fixing methods may vary according to the particular application. The designer or system supplier should specify the clip or bracket mounting techniques appropriate for particular types of roof and gutter applications.

In general:

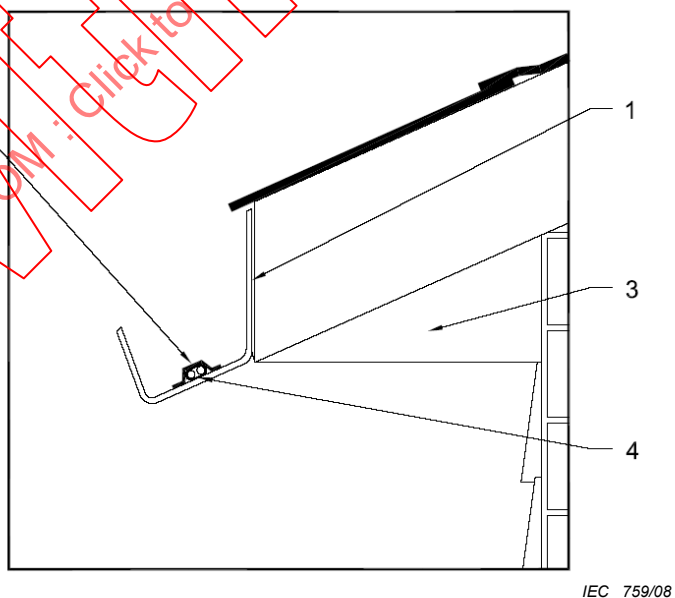
- a) terminate and install all trace heaters according to the manufacturer's instructions;
- b) when possible, all power connections should be made in a protected location (such as under eaves). Entries should be at the bottom of a connection box and a drip loop should be provided (see Figure 11);
- c) an ice/snow fence may be required above the trace heating system to prevent ice or snow slides;
- d) circuit details as installed should be recorded, and as-built drawings and data should be supplied to the user;
- e) all penetrations of the surface of the roof should be moisture proofed with a suitable sealant or sealing method. The trace heating installation should not affect the integrity of the roof or gutter;
- f) mounting hardware should be corrosion-resistant and should not have sharp edges or burrs that could damage the trace heater.



Key

- | | | | |
|---|--------------|---|------------------------------|
| 1 | Snow guard | 3 | Junction box |
| 2 | Trace heater | 4 | Low point drain or drip loop |

Figure 11 – Roof and gutter trace heater arrangement



Key

- | | | | |
|---|------------------------|---|--------------|
| 1 | Gutter | 3 | Soffit |
| 2 | Aluminium tape or clip | 4 | Trace heater |

Figure 12 – Gutter detail

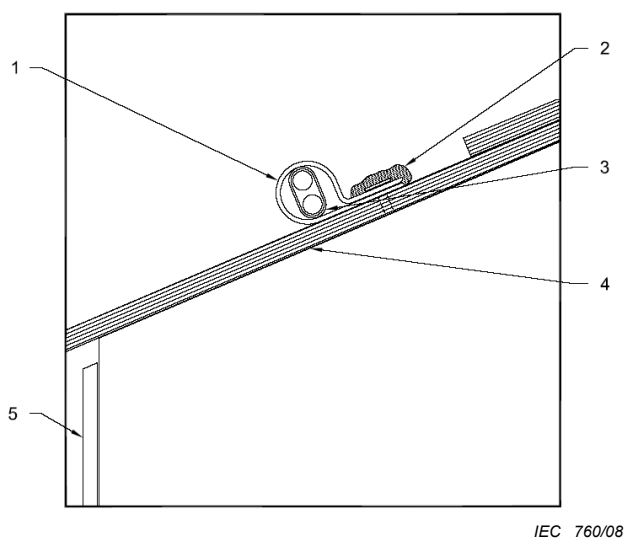


Figure 13a – Asphalt shake shingle roof

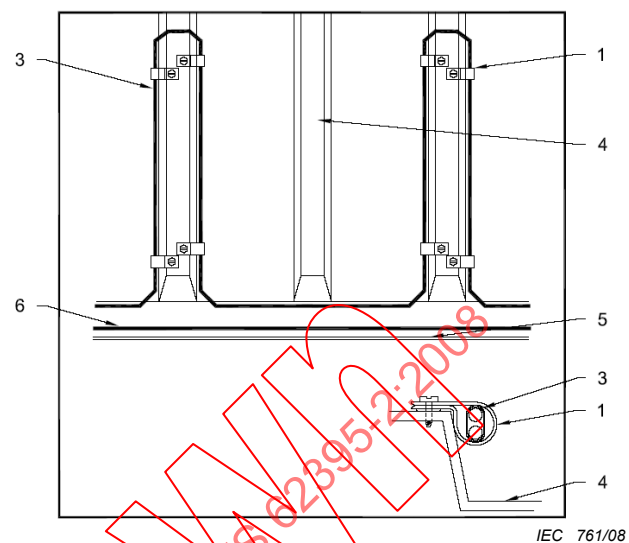


Figure 13b – Metal roof

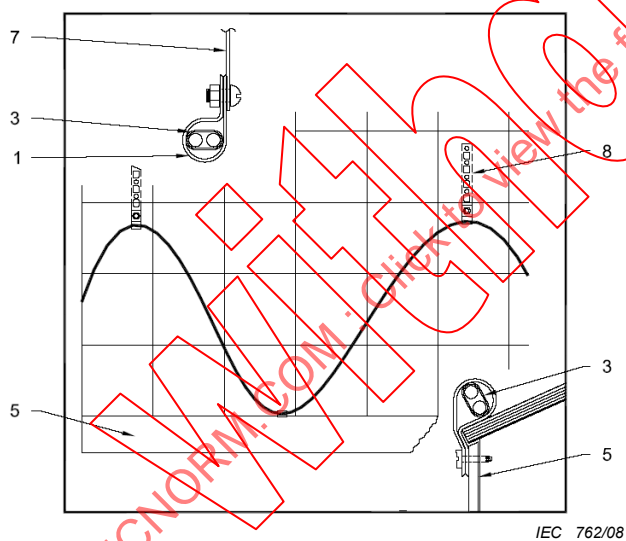


Figure 13c – Tile roof

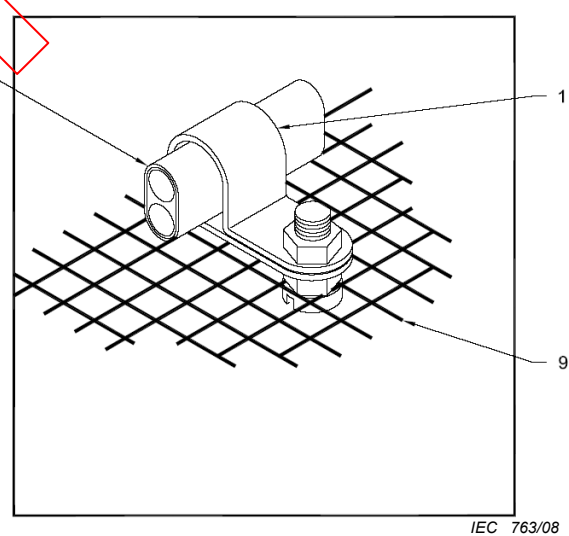
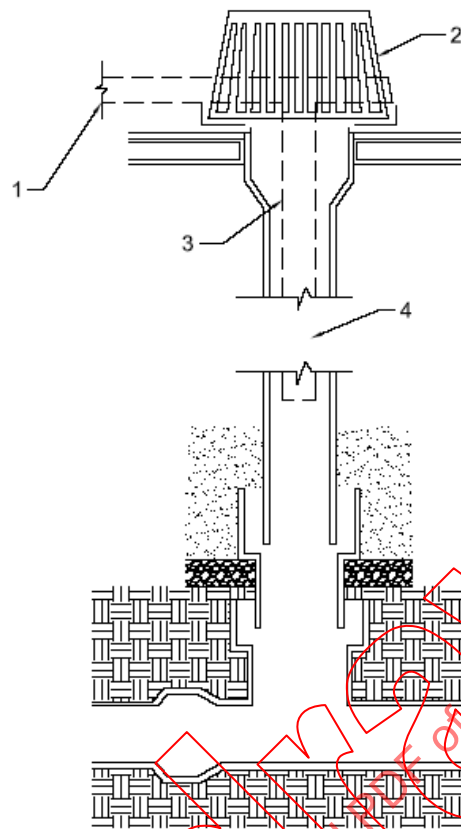


Figure 13d – Flat roof

Key

- | | |
|----------------|--|
| 1 Clip | 6 Trace heater in bottom of gutter |
| 2 Sealant | 7 Strapping |
| 3 Trace heater | 8 Peg under tile |
| 4 Roof | 9 Clip adhered to flat roof surface and attached to any grid covering gutter |
| 5 Gutter | |

Figure 13 – Typical roof mounting methods



IEC 764/08

Key

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 Power connection and end seal terminate in junction box | 3 Trace heater |
| 2 Drain | 4 Uninsulated attic space |

Figure 14 – Drain detail for flat roof

5.8 Maintenance

Refer to 4.8. In addition, the clearing of debris from gutters and downspouts is recommended at six-monthly intervals.

5.9 Repair

Damage can often be determined by a visual inspection of the trace heaters as they remain exposed during normal operation. Repairs should be carried out according to manufacturer's instructions. It is important that a repaired system should maintain its UV resistance, mechanical properties, and its weatherproof qualities. Where this cannot be guaranteed, then replacement is recommended.

The requirements of 4.9 should be observed as appropriate.

6 Rail heating

6.1 Application description

6.1.1 Point heating

Electric point trace heaters are important in maintaining the operational integrity of the railway network. Their purpose is to ensure that points and associated mechanisms operate satisfactorily during adverse weather conditions.

An effective electric point heating installation shall ensure that:

- a) during frost or freezing rain conditions, the switch rail does not freeze to the stock rail or its supports/slide plates;
- b) during snow or hailstone conditions, improper closure of the points and/or swing nose crossing is prevented by eliminating accumulation on the rail support or between the switch and stock rails.

A point heating system can include several other areas where heating is required in order to prevent mal-operation due to presence of snow and/or ice. These are as follows.

1) Stretcher bar

The stretcher bars and the area immediately below should be heated to eliminate the build-up of any snow and/or ice that could restrict movement of the switch rail mechanism.

2) Clamp lock

Clamp lock trace heaters may be fitted inside the clamp lock, by the clamp lock manufacturer, to prevent operational faults due to freezing conditions.

3) Swing nose crossing

On high-speed switches and turnouts, this is the point at which two rails cross over each other during a change of direction. The area on either side of the moving tongue of the crossing is heated to prevent snow and ice accumulation and to prevent the moving rail from freezing to the fixed rail, or its supports/slide plates.

6.1.2 Contact/live rail heating

Where traction power is supplied from a third rail, or live rail, contact between the live rail and the pick-up on the rail vehicle can be adversely affected by the build-up of ice and snow. To prevent this, an electric trace heater system may be fitted to the live rail. The trace heater is often powered by the direct current power supply used for traction power.

6.1.3 Track heating

Track surface heating encompasses such applications as main rail (permanent way), tramways, urban transit systems, mono rails and includes heating for ice and snow prevention on high speed curves, gradients, acceleration and deceleration areas, monorail guide rails, etc.

6.1.4 Catenary/pantograph shoe heating

Traction power may be supplied from overhead catenary transmission lines in main rail, urban transit and tramway systems. Maintaining an ice-free contact between the transmission lines and the pantograph shoe is sometimes achieved by placing a trace heater in the pantograph shoe. This allows continued operation of the system, even under adverse weather conditions. Heat from the pantograph shoe may also melt accumulated ice on the transmission line.

6.2 Design information

6.2.1 General

The design conditions vary considerably depending on the application and the geographical location. Consideration should be given to local weather conditions and the surface that is to be heated. Generally, the data given in 6.2.2 to 6.2.5 is required as a minimum.

6.2.2 Weather data

The following information is needed:

- a) minimum ambient temperature;
- b) maximum rate of snowfall;
- c) maximum wind velocity.

6.2.3 Surface description

The types of materials and configurations need to be known, such as:

- a) rail profile and material (steel/cast);
- b) running surface (steel, concrete, etc.).

6.2.4 System design

Design information is required, such as:

- a) heating requirements (turnout, crossing, stretcher bar, clamp lock, etc.);
- b) number and size of each point system;
- c) system layout drawings;
- d) control/distribution panels.

6.2.5 Performance level classification

System performance requirements are always the same, although heating requirements vary substantially according to climatic conditions. In order to categorize systems, a simple climate classification may be as follows:

- Class 1: light
- Class 2: moderate
- Class 3: severe

6.3 Thermal design

6.3.1 General

The heating load requirements vary according to local weather conditions, and method of heating. Unlike many other surface heating applications, trace heaters are often un-insulated and open to the elements. In such circumstances, some of the heat generated is lost to atmosphere. The use of heat shields and/or thermal conducting compounds may improve trace heater contact and substantially reduce heating requirements.

It may be impractical to install heating loads that could cope with all weather conditions. Where extreme weather conditions and drifting snow are beyond the capability of the installed system, it is likely that the main track would also be blocked to such an extent that mechanical snow clearing devices would be required. Liaison with the local rail operator should establish additional details if required.

6.3.2 Typical heating load

Due to the reasons stated in 6.3.1, Table 4 provides only a guide to the possible trace heating load requirements which may apply, according to light, moderate and severe climate classifications.

Table 4 – Possible trace heating load requirements

Performance class	Point heating system				Contact/live rail	Track	Pantograph shoe
	Turnout	Stretcher bar	Clamp lock	Swing nose crossing			
	W/m of rail	W per SB	W each	W/m of rail	W/m of rail	W/m of rail	W per shoe
Light	200	150	200	200	90	200	200
Moderate	300	200	200	300	100	300	250
Heavy	500	300	200	500	120	500	300

6.4 Electrical design

It is essential that rail trace heating systems be compatible with other associated rail electrical systems. In this respect, it should be noted that, often, the metal parts of the whole of a system are only effectively bonded to earth up to the primary of the trackside transformers, whilst the trace heaters are often connected to the unearthed secondary transformer windings. In such installations, it may be a requirement to avoid the use of residual current devices. Clearly, the design of protective equipment should be undertaken in consultation with the rail engineers, so as not to compromise the effectiveness of track train detection or other systems.

6.5 Control and monitoring system design

The supply source point should be selected to provide a metered, adequately rated supply. The control cubicle should be positioned in relation to the heated rail or track such that cable runs from the supply source to the trace heaters are minimized.

Sensors are used to detect rail and/or weather conditions that could effect the operation of the point(s). When the monitored conditions reach pre-determined values, the electric point trace heating should be automatically energized. The conditions are continuously monitored to ensure that the rail or track temperature is maintained throughout the adverse weather conditions.

The trace heating circuit comprises track-mounted trace heating elements and associated supply cables. Special care should be taken in the design of the trace heating circuit to ensure that the signalling equipment system remains unaffected by the operation of the trace heating circuit both under normal and fault conditions.

Consideration may also be given to remote data access and control from a central control station. This system may be used to control and/or determine the status of the electric trace heating system.

As a minimum, the control system should have the ability to monitor the following parameters:

- ambient temperature;
- hot rail temperature;
- cold rail temperature;
- presence of moisture;
- presence of snow.

6.6 Special design considerations

6.6.1 Electrical considerations

The following electrical information is required.

- a) Supply voltage; this may vary considerably from country to country and from application to application, usually within the range of 50 V to 750 V (higher voltages are beyond the scope of this technical specification).
- b) Control and monitoring requirements.
- c) Signalling track circuits; their vulnerability to mal-operation by stray leakage currents from electric point heating systems, in both normal and fault operating condition modes, may necessitate design changes to mitigate any such problems, as far as is practicable.

6.6.2 Finite element analysis

In view of the imprecise heating load determination above, it is recommended that finite element analysis be conducted for the proposed trace heating load and for the proposed trace heating system.

6.7 Installation

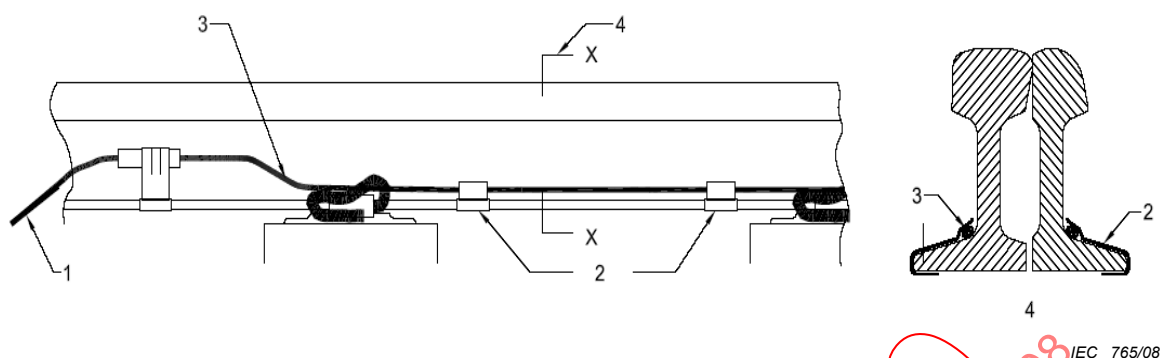
Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular application. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it is necessary to ensure that the original design parameters are still valid. Correct installation, appropriate testing, and maintenance according to the installation procedures are essential for satisfactory performance and safety. The supplier of the trace heating system shall provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components.

a) Trace heaters

In order to ensure good heat transfer, relevant parts of the rail should be clean. Trace heaters should be able to move laterally to accommodate expansion and contraction. Trace heater cold leads should be secured in such a way as to prevent snagging on passing rail traffic and track cleaning equipment.

b) Clips (for point heating)

Trace heater clips are required to hold the trace heater in position on the rail. These clips can vary in design and style depending on the type of trace heater employed and the application. Clips should ensure that the trace heater remains in close contact with the rail in order to aid heat transfer, whilst at the same time allowing the trace heater to move laterally under expansion and contraction. The rail clip should also be capable of withstanding the excessive vibration of heavy rail traffic and be resistant to oil, diesel fuel, de-icer, weed killer, and other chemicals found in this type of environment (see Figure 15).

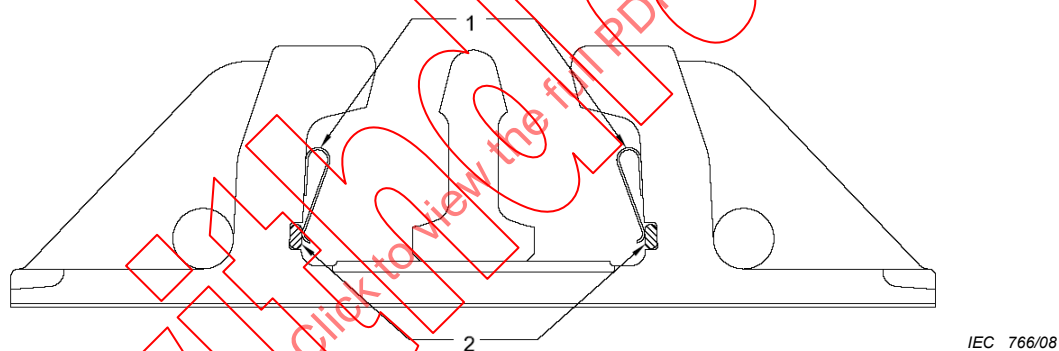
**Key**

- | | |
|-------------|---------------------------------------|
| 1 Cold lead | 3 Trace heater |
| 2 Clip | 4 X – X shows a typical cross-section |

Figure 15 – Typical positioning of point trace heater on stock rail and switch rail

c) Typical installation methods for specific applications:

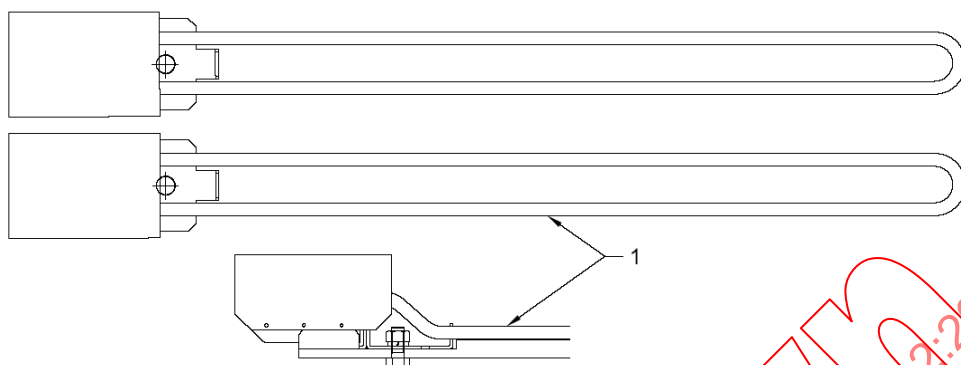
- i) swing nose crossing; see Figure 16.

**Key**

- | | |
|--------|----------------|
| 1 Clip | 2 Trace heater |
|--------|----------------|

Figure 16 – Typical positioning of trace heater on swing nose crossing

ii) Clamp lock heating; see Figure 17.

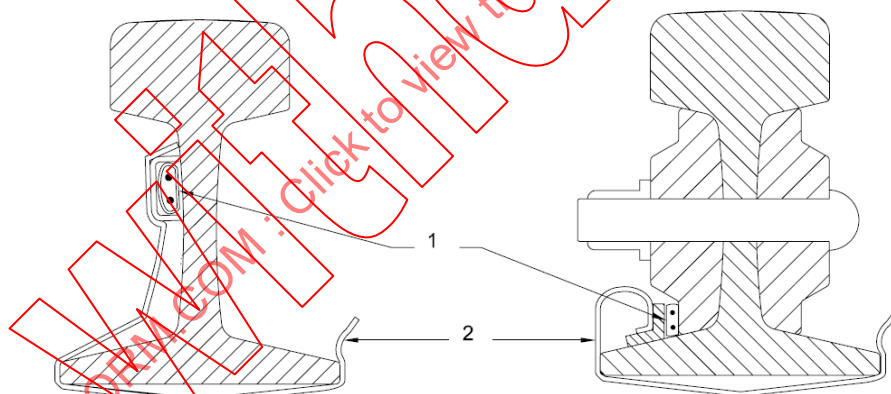


Key

1 Trace heater

Figure 17 – Typical clamp lock trace heater

iii) Contact/live rail heating and track heating; see Figure 18.



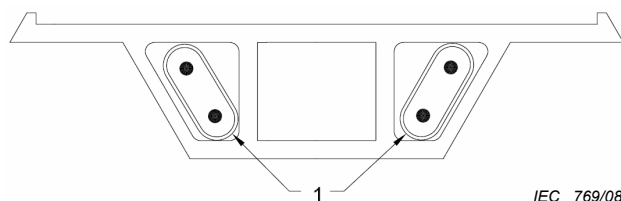
Key

1 Trace heater

2 Clip

Figure 18 – Typical positioning of trace heater on steel and aluminium clad contact rails

iv) Catenary/pantograph shoe heating; see Figure 19.



Key

1 Trace heater

Figure 19 – Typical positioning of trace heater in pantograph shoe

6.8 Maintenance

Refer to 4.8.

Where thermal conducting aids are part of the rail heating system, it is important to ensure that the thermal efficiency of the system is maintained.

6.9 Repair

Damage often occurs due to mechanical causes and can usually be determined by visual inspection of the trace heaters, which often remain exposed during normal operation. Repairs should be carried out according to the manufacturer's instructions. It is important that a repaired system should maintain its UV resistance, mechanical properties, and its weatherproof qualities. Where thermal conducting aids are part of the rail heating system, it is important to ensure that the thermal efficiency of the system is maintained, by re-applying the thermal transfer system.

Where this cannot be guaranteed, then replacement is recommended.

Following any repair, compliance with the recommendations of 6.7 should be ensured, with particular reference to the requirement for trace heaters to be able to move laterally to accommodate expansion and contraction.

The requirements of 4.9 should be observed as appropriate.

7 Snow melting

7.1 Application description

Trace heating systems can be designed for the specific purpose of preventing accumulation of snow and ice in applications such as driveways, sidewalks, entrances to commercial buildings parking garage ramps and helicopter decks.

Trace heater circuits are typically directly embedded and shall therefore meet the requirements of 5.4 of IEC 62395-1 (2006).

In some cases the trace heaters may be installed in conduit for these applications and therefore shall meet the requirements of 5.5 of IEC 62395-1 (2006).

7.2 Design information

7.2.1 General

The design conditions and application inputs specified in 7.2.2 to 7.2.6 are needed prior to commencing with the system design.

7.2.2 Weather data

The following information is needed:

- a) minimum ambient temperature;
- b) maximum rate of snowfall;
- c) maximum wind velocity;
- d) humidity.

7.2.3 Construction details of workpiece

The types of materials and configurations need to be known, such as:

- a) material, for example, pre-cast slabs, single or dual pour concrete, asphalt etc.;
- b) foundation construction and materials;
- c) dimensions and layout, and additional items such as expansion joints, drains, handrails, etc., which should be available from the construction drawings.

7.2.4 Electrical considerations

The following electrical information is required.

- a) supply voltage;
- b) available power;
- c) control and monitoring requirements.

7.2.5 System performance level

It is necessary to determine the requirement for how the system would perform in worst-case conditions. However, economic considerations may result in specifying a heat load for non-critical applications where some snow accumulation can occur.

A thorough design should be based on statistical weather data. For critical applications, it may be required to ensure a free area ratio (defined in 7.3) of 1 for perhaps 99 % of the snowfall events.

In these critical applications, additional trace heating may need to be installed to shorten the heat-up time of a workpiece. Control systems that switch on the trace heating when snowfall is sensed at sub-zero temperatures take some time to elevate the temperature of the workpiece, especially if there has been a considerable period of time with no precipitation, but with low ambient temperatures.

Table 5 indicates typical ranges of heat density requirements for levels of weather severity and application criticality.

Table 5 – Typical snow melting heat loads

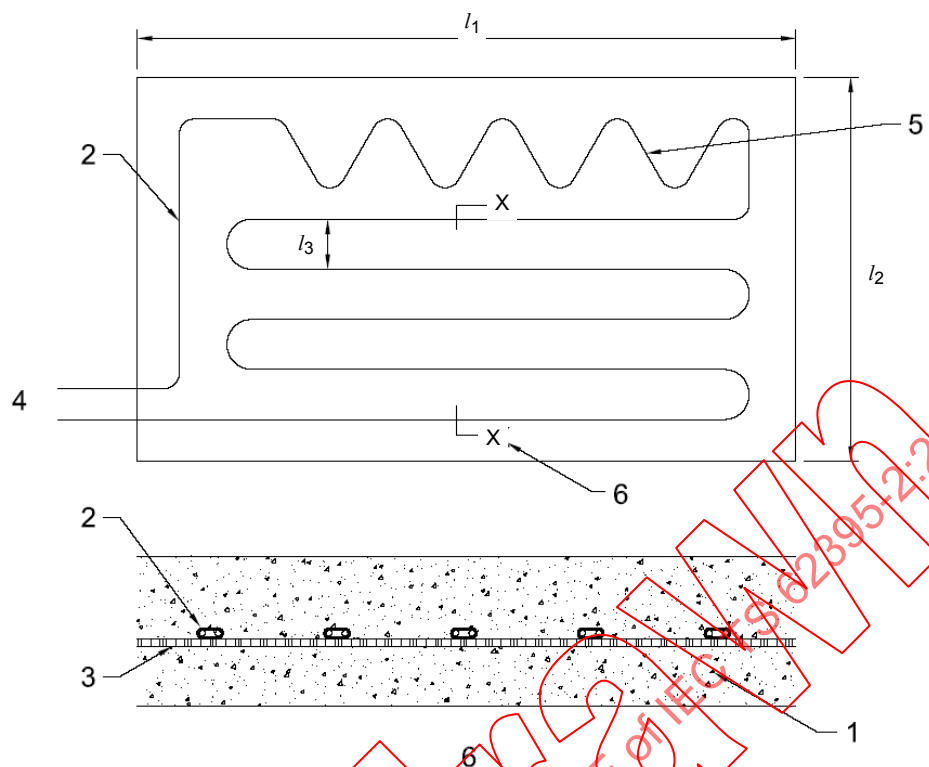
Weather severity	Application criticality		
	Minimum, for example, residential walkways and driveways	Moderate, for example, commercial walkways and driveways	Maximum, for example, toll plazas, hospital emergency entrances and helicopter decks
	W/m ²		
Mild	150 to 250	250 to 350	300 to 400
Severe	200 to 300	300 to 450	350 to 500
Very severe	250 to 350	400 to 550	450 to 750

NOTE Heating load requirements are a function of climatic conditions. The ranges of values in Table 5 reflect the variation of values used in different regions.

7.2.6 Trace heater layout and component mounting

Trace heating is typically serpentine in a workpiece (as shown in Figure 20) to provide uniform heat. If the trace heating is in a conduit, it is spaced as shown in Figure 21.

- Spacing(s) between embedded trace heaters or conduits usually range from 80 mm to 300 mm in order to obtain a relatively uniform temperature distribution across the surface. The spacing is calculated using the required power output in W/m² and the lineal power output of the trace heater. For example, if the application required 360 W/m² and the trace heater selected had a rating of 90 W/m in concrete, the resulting spacing would be 250 mm. Although the same power density could be achieved with a trace heater with 180 W/m output and 500 mm spacing, uneven distribution of heat might result, with areas directly above the trace heating being well above 0 °C and areas between trace heating runs being below 0 °C.
- The recommended trace heater depth is typically 50 mm to 100 mm for concrete and 40 mm to 50 mm for asphalt. The trace heater is usually fastened to the re-bar, or wire mesh using nylon cable ties. Heater panels are an additional option when the concrete can be poured in two stages, with these being attached to the clean surface of the initial pour. Pre-punched strapping can sometimes be a convenient attachment method in two-pour applications.
- Trace heaters should be located a minimum of 150 mm from the edge. When installed in ramps, they are usually oriented laterally across the ramp to minimize the number of crossings of crack control joints. Crossing of expansion joints should be avoided, but where an expansion joint transition is required, additional protection is necessary. See Figure 22.
- Power connections should be located above grade where possible, with preference given to mounting junction boxes inside buildings or on structure walls (see Figure 23.) The field assembled trace heater end termination should be located inside a junction box to facilitate maintenance.
- Snow melting installation designs should be fully documented with drawings identifying
 - trace heater type;
 - spacing;
 - depth;
 - layout;
 - location of power connection and expansion joints (if used);
 - identification of circuit;
 - location of additional items such as drains, sensors, etc.

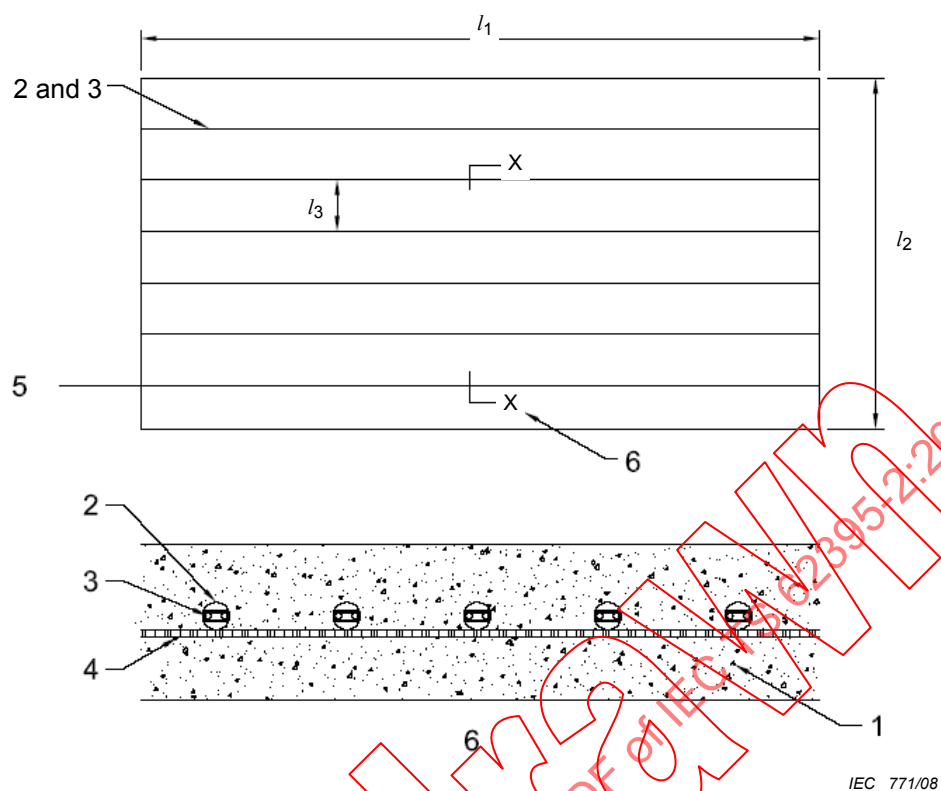


IEC 770/08

Key

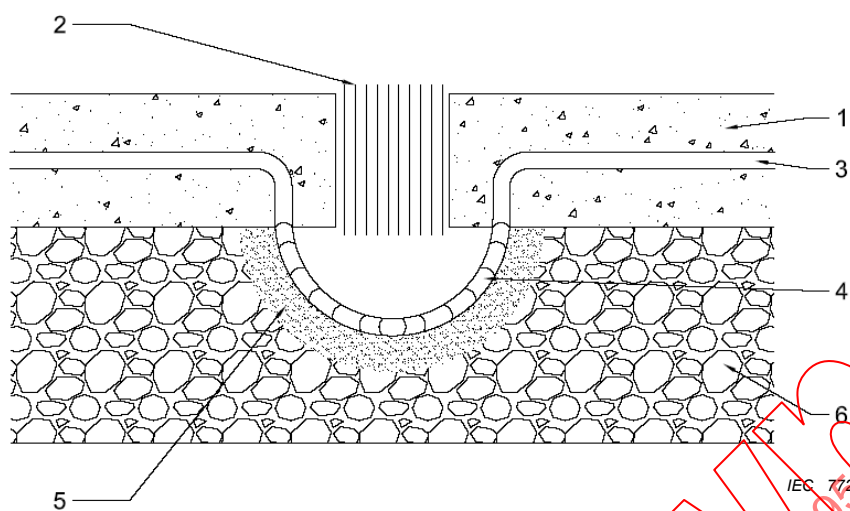
- 1 Concrete slab
- 2 Trace heater
- 3 Reinforcing bar or mesh
- 4 To junction box
- 5 Zigzag return routing only necessary for odd number of cable passes
- 6 X-X shows typical cross section
- l_1 length of slab
- l_2 width of slab
- l_3 spacing between trace heater

Figure 20 – Snow melting trace heater embedded in concrete

**Key**

- 1 Concrete slab
- 2 Conduit
- 3 Trace heater
- 4 Reinforcing bar or mesh
- 5 To junction box
- 6 X-X shows typical cross section
- l_1 length of slab
- l_2 width of slab
- l_3 spacing between trace heater

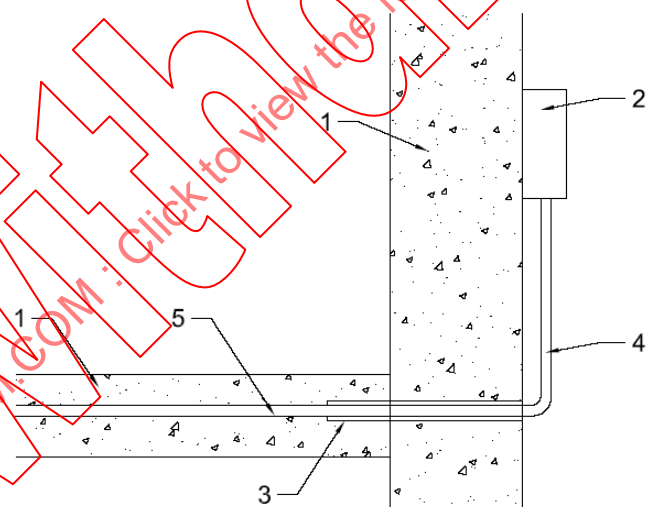
Figure 21 – Snow melting trace heater located in conduit



Key

- | | | | |
|---|-----------------|---|-------------------|
| 1 | Concrete slab | 4 | Protective device |
| 2 | Expansion joint | 5 | Sand |
| 3 | Trace heater | 6 | Compacted fill |

Figure 22 – Expansion joint detail



Key

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|--|
| 1 | Concrete slab | 4 | Trace heater or power connection leads |
| 2 | Junction box | 5 | Trace heater |
| 3 | Conduit filled with sealing compound | | |

Figure 23 – Snow melting junction box location

7.3 Thermal design – Power output (heat load) determination

The heat needed to perform the snow melting function is based on a number of elements, which are shown in Equation (10) below.

$$Q_T = A_r (Q_e + Q_c + Q_r) + Q_s + Q_m + Q_g \quad (10)$$

where

A_r is $A_{\text{free}}/A_{\text{total}}$;

Q_e is the evaporation from top surface;

Q_c is the convection from top surface;

Q_r is the radiation from top surface;

Q_s is sensible heat (i.e., energy used to elevate snow and ice temperature, prior to melting it);

Q_m is the latent heat;

Q_g is heat loss from sides and underside by conduction.

The term A_r is the free area ratio and is usually entered as 0, 0.5 or 1.0. The condition where $A_r = 1$, meaning that the surface is free of snow, is used for critical applications. $A_r = 0$ means that there should be no snow accumulation, but a thin layer of snow might be expected.

The calculated values provide overall power densities and do not address temperature distribution across the surface of the workpiece, which depends on the thermal conductivity of the workpiece and the trace heater's power output and spacing in the workpiece.

7.4 Electrical design

Each trace heater branch circuit or each trace heater shall have circuit protection capable of interrupting high-impedance earth faults as well as short-circuit faults. This may be accomplished by an earth-fault protective device with a nominal 30 mA trip rating or a controller with earth-fault interruption capability for use in conjunction with suitable circuit protection. For higher leakage current circuits, the trip level for adjustable devices is typically set at 30 mA above any inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater or as specified by the trace heater supplier. Where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installed systems, and continued circuit operation is necessary for the safe operation of the installation, earth-fault detection without interruption is acceptable if alarmed in a manner to ensure an acknowledged response.

7.5 Control and monitoring system design

The snow melting system may be controlled by something as basic as an on/off switch and an indicator light or by a more sophisticated control system including both moisture and temperature sensors. The choice of sophistication may be influenced by the critical nature of the application. In large installations, more rigorous control systems may be justified for energy efficiency.

7.6 Special design considerations

In certain applications, some of the following special design considerations may apply.

- a) When trace heaters are located in conduit or pipe, the maximum sheath temperature and thermal output should be specified or identified.
- b) For applications where the trace heaters are to be embedded in asphalt, it is important to ensure that the temperature exposure rating of the trace heater is above the pour temperature of the asphalt.

- c) Brick or paving stone constructions require special design consideration and the trace heaters may need to have additional mechanical protection.
- d) When bare metallic sheathed trace heaters are embedded in concrete, it should be verified that the sheath material is not adversely affected by exposure to chemicals that might be in the concrete or might subsequently leech into the concrete.
- e) Snow melting applications in the vicinity of aircraft hanger doors or fuel storage areas may be in areas classified as explosive atmospheres at the point where the trace heater exits the workpiece. Such applications are beyond the scope of this technical specification.

NOTE Trace heating systems intended for use in explosive atmospheres are the subject of IEC 60079-30-1 and IEC 60079-30-2.

7.7 Installation

Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular application. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it is necessary to ensure that the original design parameters are still valid. Correct installation, appropriate testing, and maintenance according to the installation procedures are essential for satisfactory performance and safety. The supplier of the trace heating system shall provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components.

- a) Snow melting installations usually result in the trace heater being embedded in concrete or asphalt. It is therefore particularly important to verify that the correct factory fabricated unit or bulk trace heater type is being installed.
- b) Prior to the installation of the trace heater, the adjacent area should be inspected and any sharp objects or burrs (on the wire mesh or re-bar) should be removed or smoothed.
- c) The trace heater attachment, spacing and minimum bend radius should comply with the manufacturer's specifications, and expansion joint transitions should be made following the method indicated on installation drawings.
- d) When the trace heater installation is complete and prior to the placement of concrete or asphalt, the drawings should be modified to show the exact location of the trace heaters if the as-built layout has deviated from the initial drawings.
- e) Prior to placement of the concrete or asphalt, an insulation resistance test should be conducted. For polymer-insulated trace heaters, 2 500 V d.c. test voltage is recommended and for mineral-insulated trace heaters, a maximum test voltage of 1 000 V d.c. is suggested. If equipment is not available to provide these test voltages, then a 500 V d.c. test voltage should be a minimum. Regardless of the test voltage, the measured value should not be less than 20 MΩ. This test should be repeated during the installation of the concrete or asphalt. If damage is detected, it should be rectified before continuing with the installation.
- f) During the placement of concrete, attention should be paid to maintaining adequate clearance of the concrete delivery chute above the trace heater and maintaining a moderate concrete delivery speed to prevent the trace heater being displaced. Unnecessary foot traffic and excessive use of rakes, shovels and vibrators might also dislodge or damage the trace heaters.
- g) When installing asphalt, it is important to verify that the application temperature is as anticipated and that it does not exceed the temperature rating of the trace heater.
- h) Asphalt should be spread manually at the trace heater level.
- i) Grades of asphalt with large aggregate are not recommended.
- j) The insulation resistance reading should be recorded upon completion of the concrete pour or asphalt application.
- k) The trace heaters should not be energized until either the concrete has cured or the asphalt has cooled to ambient temperature.

7.8 Maintenance

Refer to 4.8.

7.9 Repair

The repair of trace heating systems embedded in concrete requires the use of special equipment to locate the fault. Consultation with the manufacturer or a contractor specifically trained in performing this kind of repair is recommended. However, a visual inspection of the installation often reveals the cause of a failed system, where the concrete has been saw cut or drilled to take a core sample or install equipment.

8 Floor warming

8.1 Application description

Trace heating is used to provide floor warming to remove chill from a floor and to provide comfort. In some cases, floor warming systems supplement or replace other forms of room heating. Floor warming is applied to areas such as bathroom floors, day-care centres, service buildings, and garages.

In some cases, the trace heaters may be installed in conduit for these applications and therefore shall meet the requirements of IEC 62395-1 (2006), Clause 5.

NOTE Requirements for flexible sheet heating elements specifically for floor warming are specified in IEC 60335-2-96.

8.2 Design information

8.2.1 General

The design conditions and application inputs specified in 8.2.2 to 8.2.5 are necessary prior to commencing with the system design size and layout of the area involved.

8.2.2 Environmental data

The following information is needed:

- a) minimum ambient temperature;
- b) required maintenance temperature range.

8.2.3 Construction details of workpiece

The types of materials and configurations should be known, such as:

- a) method of installation and location, for example, buried in concrete, located on, or under, a subfloor, located under ceramic tiles;
- b) materials of construction;
- c) subfloor construction, if relevant;
- d) thermal insulation type and thickness, if any.

8.2.4 Electrical considerations

The following electrical information is required:

- a) electrical inputs;
- b) supply voltage;
- c) available electrical power;
- d) control and monitoring requirements.

8.2.5 Trace heater layout and component mounting

Trace heating is typically installed by being buried directly in concrete, by attaching to re-bar or wire mesh or alternatively being embedded in a layer of mortar between the ceramic floor tiles and wood subfloor with the trace heater fixed to an expanded metal lath, wire mesh, or pre-punched strapping at a typical depth of 20 mm, or alternatively applied direct to the lower surface of the concrete slab and held in place with rigid thermal insulation. Typical methods of laying the trace heaters are illustrated in Figure 24.

The trace heater spacing is determined from the required watt density from Figure 25 and the lineal power output of the trace heater to be used.

$$S = \frac{P}{Q} \quad (12)$$

where

S is spacing of trace heating in m;

Q is the required heat load determined from Figure 25 in W/m^2 ;

P is lineal power output of the chosen trace heater in W/m .

For example, if the heat load is $100 W/m^2$ and the trace heater power output is $20 W/m$, then the spacing will need to be 0,2 m (i.e., 200 mm between trace heater passes or 5 passes per metre).

For all installations, the power connection should be made in a junction box located on a wall inside the building. The trace heater end termination should also be located inside the same or another junction box to facilitate troubleshooting and to enhance reliability.

When the floor temperature is to be maintained using a temperature controller, the sensor should be located preferably in conduit midway between trace heater runs. This location facilitates ease of replacement and also provides a good representation of floor temperature.

Floor warming installations should be fully documented with drawings identifying

- 1) trace heater type;
- 2) spacing;
- 3) depth;
- 4) layout;
- 5) location of power connection and end seal;
- 6) identification of circuit;
- 7) location of additional items such as sensors, etc.

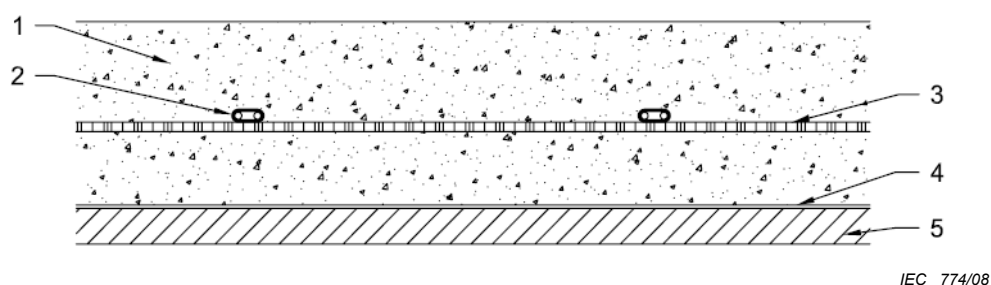


Figure 24a – In concrete

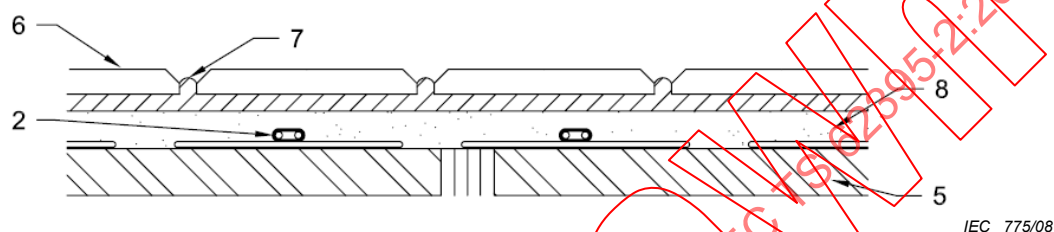


Figure 24b – Under ceramic tile embedded in mortar

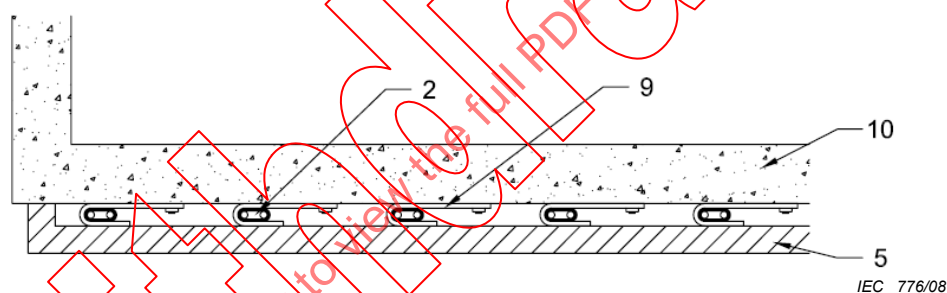


Figure 24c – Under an elevated concrete slab

Key

1	Concrete slab	6	Tile
2	Trace heater	7	Grout
3	Reinforcing bar or mesh	8	Mortar
4	Vapour barrier (if specified)	9	J – channel
5	Thermal insulation	10	Elevated concrete slab

Figure 24 – Typical floor warming trace heater mounting**8.3 Thermal design – Heat load determination**

Heat loads typically between 50 W/m^2 and 160 W/m^2 are required for temperature-maintained areas such as bathrooms, office buildings and day-care centres – also depending on heat-up times when comfort heating is only required during a short period of time per day (for example, bathrooms). Increased heat loads of 150 W/m^2 to 250 W/m^2 may be required for garages and warehouse areas. Assuming relatively still air and low heat loss off the floor underside, Figure 25 shows the heat load requirements for a range of conditions.

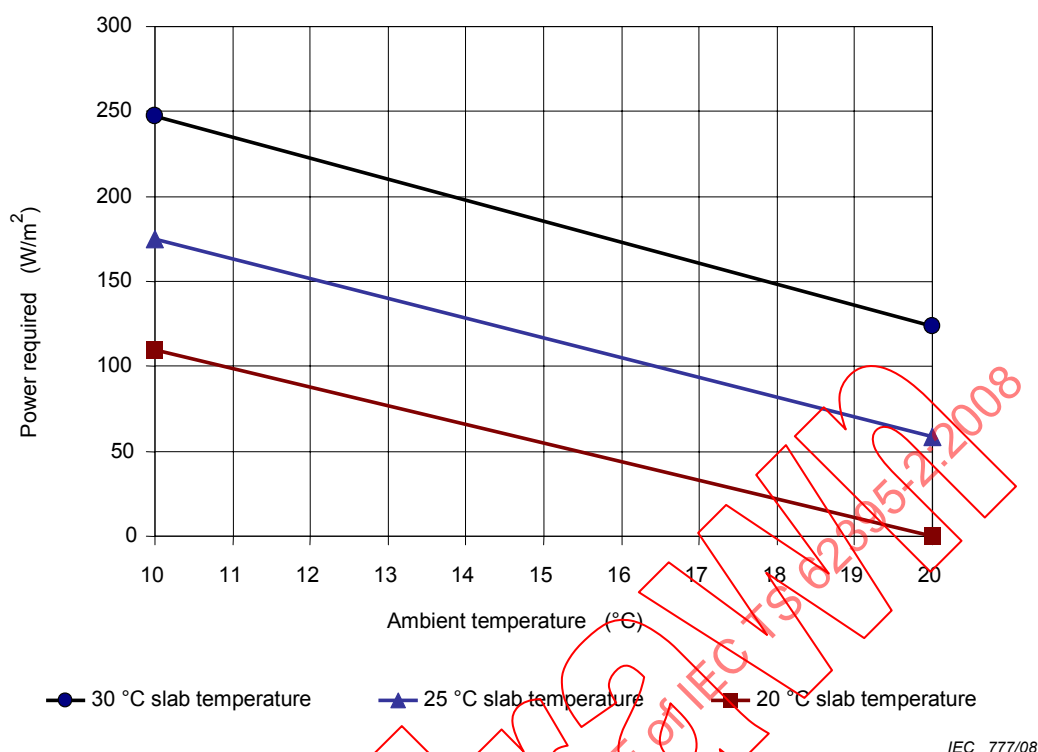


Figure 25 – Typical floor heating power requirements

8.4 Electrical design

Each trace heater branch circuit or each trace heater shall have circuit protection capable of interrupting high-impedance earth faults as well as short circuits. This may be accomplished by an earth-fault equipment device with a nominal 30 mA trip rating or a controller with earth-fault interruption capability for use in conjunction with suitable circuit protection. For higher leakage current circuits, the trip level for adjustable devices is typically set at 30 mA above any inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater or as specified by the trace heater supplier. Where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installed systems, and continued circuit operation is necessary for the safe operation of the installation, earth-fault detection without interruption is acceptable if alarmed in a manner to ensure an acknowledged response.

Special consideration is given for areas around swimming pools and spas. Reference should be made to the local electrical code.

8.5 Control and monitoring system design

For the purposes of energy conservation, the energy consumption of the floor heating system should be controlled by either a timer-based on/off control system or a floor sensing temperature control system (or both). Room temperature control systems combined without floor temperature sensing device should only be used for trace heaters that cannot overheat by product design.

8.6 Special design consideration

When designing a floor warming system, watt densities and floor temperatures may be restricted by local regulations.

8.7 Installation

Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular application. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it

is necessary to ensure that the original design parameters are still valid. Correct installation, appropriate testing, and maintenance according to the installation procedures are essential for satisfactory performance and safety. The supplier of the trace heating system shall provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components.

Floor warming installations usually result in the trace heater being embedded. It is particularly important to verify that the correct factory fabricated unit or bulk trace heater type is being installed.

- a) Prior to installation of the trace heater, the floor area to be heated should be clean and inspected and any debris, sharp objects and burrs (on wire mesh or re-bar) should be removed and smoothed.
- b) Prior to installation of the trace heater, an insulation resistance test should be conducted and results recorded using a test voltage of at least 500 V d.c. However, for mineral-insulated trace heaters, a maximum test voltage of 1 000 V d.c. is recommended, and for polymer-insulated trace heaters, 2 500 V d.c. is recommended. The measured value should not be less than 20 MΩ.
- c) The trace heater should be attached to the substructure in accordance with the spacing, bending radii, and expansion joint transition methods specified on the installation drawings.
- d) The insulation resistance test should be repeated and insulation resistance readings recorded after trace heater installation.
- e) Upon completion of the trace heater installation and prior to surface floor placement, the drawings should be modified to reflect the as-built conditions.
- f) The insulation resistance test should be repeated and insulation resistance readings recorded during floor surface installation.
- g) The trace heater should not be energized until the applied floor surfaces have cured.

8.8 Maintenance

Refer to 4.8.

8.9 Repair

When trace heaters are embedded, fault location requires specialized equipment. Consultation with the manufacturer or a contractor specifically trained in performing this kind of repair is recommended.

9 Frost heave prevention

9.1 Application description

Trace heating systems perform a specific purpose below the floors of ice rinks, freezers and refrigerated storage areas. Their function is to prevent the development of a mass of ice in the substrate below the floor. If ice develops in this area, it can build up into an ice lens of considerable size that would buckle the floor above as it grows (the frost heave phenomenon). This situation is prevented by ensuring that the substrate temperatures are maintained above the freezing point across the entire area at a specific depth below the floor.

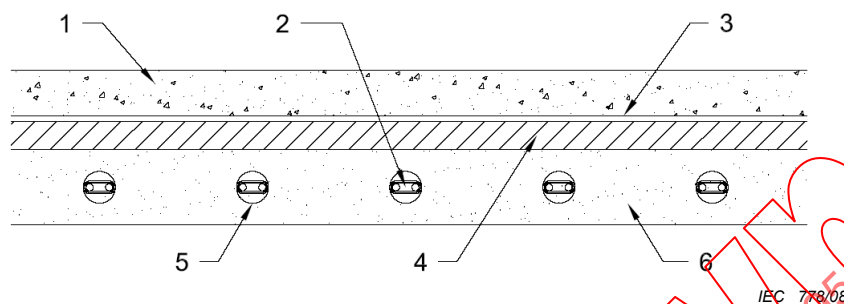
Trace heater circuits are typically directly embedded in the substrate and shall therefore meet the requirements of 5.4 of IEC 62395-1 (2006).

In some cases, the trace heaters may be installed in conduits for these applications and therefore shall meet the requirements of 5.5 of IEC 62395-1 (2006).

9.2 Design information

9.2.1 General

Figure 26 shows the cross-section of a typical floor structure with trace heating circuits. The information specified in 9.2.2 and 9.2.3 is necessary in order to design such installations.



Key

- | | |
|------------------|------------------------------|
| 1 Concrete slab | 4 Thermal insulation |
| 2 Trace heater | 5 Conduit |
| 3 Vapour barrier | 6 Compacted sand or concrete |

Figure 26 – Typical frost heave prevention substructure

9.2.2 Construction details of the floor

The following information is necessary:

- materials, thicknesses and thermal insulation factors of the floor materials;
- foundation construction materials and thermal insulation factors;
- location and type of vapour barrier;
- overall dimensions and preferred layout of the trace heating circuits;
- temperatures being maintained in the floor of an ice rink or in the freezer or refrigerated storage area.

9.2.3 Electrical considerations

The following electrical information is required:

- supply voltage;
- available power;
- control and monitoring requirements.

9.3 Heat load determination

9.3.1 General

The heat load for a frost heave prevention application is primarily dependent on the thermal insulation barrier between the floor and the heating zone or plane. For below-grade applications, edge effects around the facility and heat input from the ground have little effect on total heat load. For elevated applications, thermal insulation around the perimeter should be considered.

The typical heat density W/m^2 required is shown in Figure 27 as a function of minimum freezer ambient temperature and insulation barrier thickness. This is based on an effective earth temperature of 10 °C.

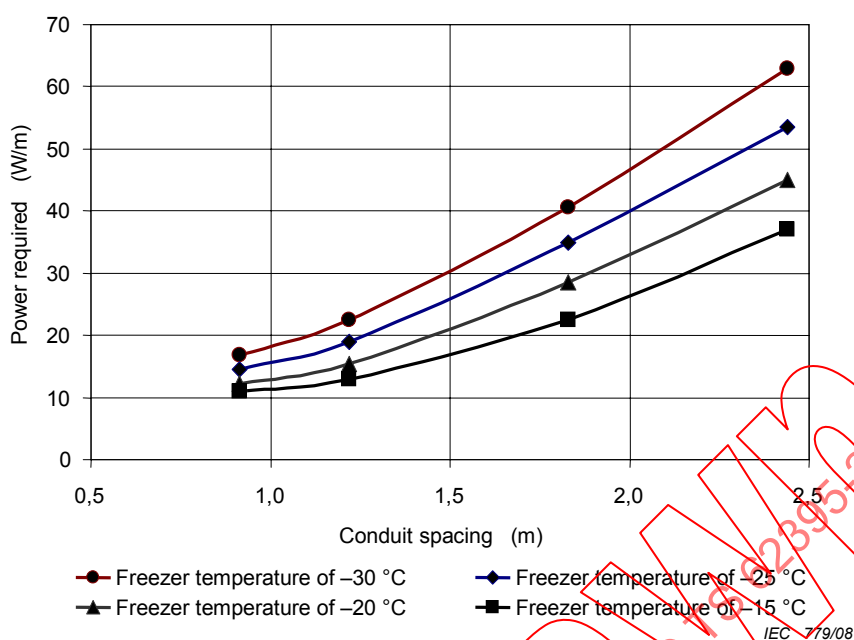


Figure 27a – Power requirements – with 100 mm insulation

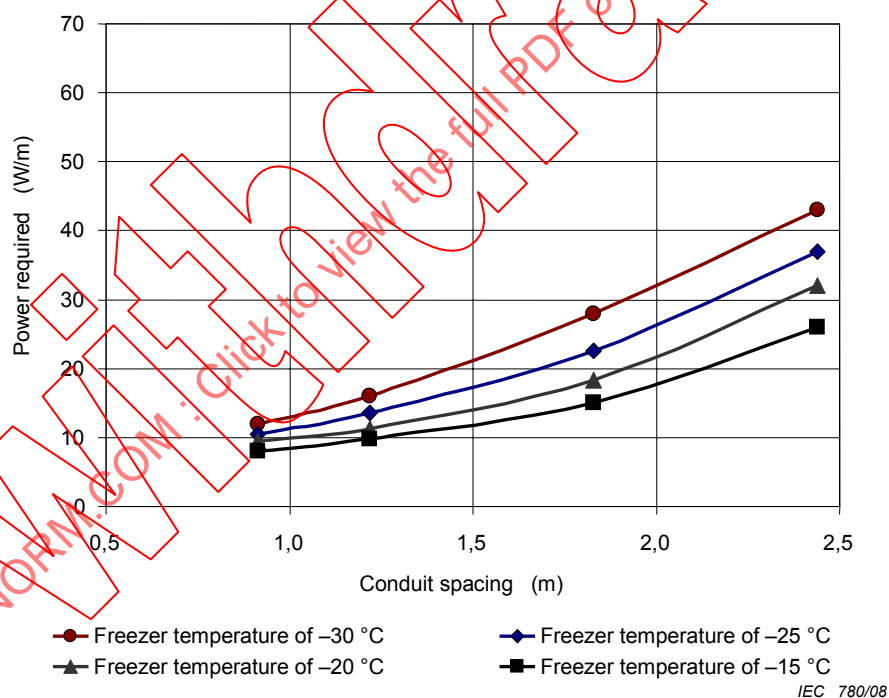


Figure 27b – Power requirements – with 150 mm insulation

NOTE These are typical values for an installation using 100 mm or 150 mm of insulation material with a k factor of 0,03 W/mK and a design safety factor of 50 %.

Figure 27 – Frost heave prevention power requirements

9.3.2 Trace heater layout and component mounting

To facilitate repair or retrofit of the trace heaters in the floor, the trace heater is typically installed in conduit, which is located in the substrate below the thermal insulation barrier. Other component mounting recommendations are listed below.

- a) Trace heater power connection and end terminations should be in an accessible junction box.
- b) Consideration should be given to using multiple sensors and circuits in order to optimize precision of the control system. This also limits the extent of any non-functioning area. However, this should be balanced by economical considerations.
- c) The temperature sensor should be located in a separate conduit equally spaced between two trace heating conduits in the centre of the area being heated.

Based on rigid foam thermal insulation with a nominal thickness of 150 mm, a typical heat load is between 5 W/m² and 15 W/m². Due to the large number of variables in assessing the heat load, a specific design is recommended for each application.

9.4 Electrical design

Each trace heater branch circuit or each trace heater shall have ground fault equipment protection capable of interrupting high-impedance ground faults. This may be accomplished by a ground-fault equipment protective device with a nominal 30 mA trip or a controller with ground-fault interruption capability for use in conjunction with suitable circuit protection. For higher leakage current circuits, the trip level for adjustable devices is typically set at 30 mA above any inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater as specified by the manufacturer. Where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installed systems and continued circuit operation is necessary for the safe operation of the equipment or processes, ground-fault detection without interruption is acceptable if alarmed in a manner to ensure an acknowledged response.

9.5 Control and monitoring system design

9.5.1 Control options

An electronic control system is recommended for this application. Features may include digital readout and an adjustable temperature differential.

9.5.2 Monitoring

Circuit monitoring to indicate any significant change in trace heater output is recommended. Ground leakage monitoring at a 30 mA level is also recommended to detect any degradation of the dielectric integrity of the trace heating circuit.

Temperature indication at other locations in the substrate may be desirable for large areas or if soil conditions vary.

9.6 Special design considerations

When designing a frost heave prevention system, some of the following special design conditions may apply:

- a) For all below-grade applications, trace heater constructions with both a metallic covering and polymer over jacket are recommended.
- b) Typical spacing when using the conduits is from 500 mm to 1 m. For wider spacing, the resulting temperature distribution should be verified.
- c) Power output data of trace heaters, when installed in conduit, should be supplied by the manufacturer and taken into consideration by the designer.
- d) When the trace heater is installed in conduit, the designer should verify that the thermal output and that the resulting sheath temperature is compatible with the conduit material.
- e) When the trace heater is directly embedded in the substrate, the installation of redundant trace heater circuits should be considered.

9.7 Installation

Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular application. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it is necessary to ensure that the original design parameters are still valid. Correct installation, appropriate testing, and maintenance according to the installation procedures are essential for satisfactory performance and safety. The supplier of the trace heating system shall provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components.

Frost heave prevention systems usually involve installing trace heater in a conduit. The following are both general and specific installation recommendations for these systems.

- a) It should be verified that the trace heater is the correct factory fabricated unit or bulk cable type.
- b) Prior to pulling trace heaters, any obstacles in the conduit should be removed and rough edges shall be smoothed.
- c) The static pulling force should not exceed the manufacturer's recommended value. The pulling force is dependent on the number of bends, lubricant type, and length of the run.
- d) Only pulling lubricants specified as compatible by the trace heater manufacturer should be used.
- e) The pulling force exerted on the trace heater should be by connection of a pulling eye to the braid or shield.
- f) After trace heaters have been installed, an insulation resistance test should be conducted with a test voltage of at least 500 V d.c. However, for mineral insulated trace heaters, a test voltage of 1 000 V d.c. is recommended, and for polymer insulated trace heaters, 2 500 V d.c. is recommended. The measured value should not be less than 20 M Ω . The value should be recorded on a log sheet.

9.8 Maintenance

Refer to 4.8.

9.9 Repair

When trace heaters are installed in a conduit, it is preferable to replace the full length of the trace heater within a single conduit run. Splicing can be done at a pull box, but the trace heater shall never have a splice within the conduit.

10 Underground thermal energy storage systems

10.1 Application description

Trace heating can be used to provide a means of converting electrical energy to a reservoir of heat energy in the foundation area below a building. Typical applications are: beneath the floors of warehouses, health care facilities and other structures utilizing concrete floors. Underground thermal energy storage systems are particularly applicable where electrical utilities offer reduced rates for usage during off-peak periods.

In some cases, the trace heaters may be installed in conduit for these applications and therefore shall meet the requirements of IEC 62395-1 (2006), Clause 5.

10.2 Design information

10.2.1 General

The design conditions and application inputs specified in 10.2.2 to 10.2.5 are needed to calculate the requirements for an underground thermal energy storage system.

10.2.2 Environmental data

The following information is needed:

- a) average ambient temperature, during season when heating might be required;
- b) minimum ambient temperature.

10.2.3 Construction details of building

The following information is needed:

- a) intended uses of the building;
- b) proposed number of zones;
- c) maintenance temperature for each zone;
- d) heat loss for each zone, derived from the dimensions and insulation values of walls, windows, etc.

10.2.4 Electrical considerations

The following electrical information is required:

- a) voltage supply;
- b) available electrical power;
- c) hours of off-peak power available per day;
- d) control and monitoring requirements per zone.

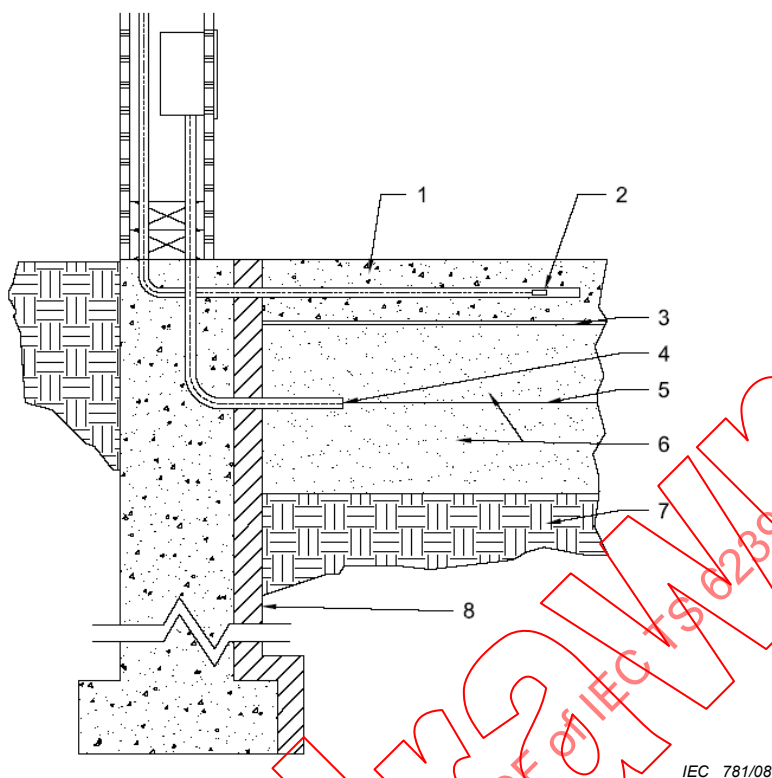
10.2.5 Trace heater layout and component mounting

Trace heaters are typically installed in compacted sand at a depth of 100 mm to 500 mm below the concrete floor, or in the concrete floor itself, where the concrete thickness is designed to store the energy for this application. Figure 28 shows a typical under-the-floor trace heating installation. The power connection or junction box is mounted above grade. The temperature control sensing element is located in a conduit that is embedded in the concrete. A high-temperature sensor, if used, is located on the trace heater.

The spacing of the trace heaters is dependant upon the power output of the product selected and the amount required to replace the heat loss of each zone. It would be unusual to have a spacing of as little as 150 mm. Usually, one would design the application to use a trace heater with greater power output per unit length and wider spacing.

The trace heating is spaced evenly in the area available with a clearance of about 150 mm from walls, drains, footings, and other obstructions.

Where possible, it is preferable to locate the end termination in an accessible junction box.



Key

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| 1 Concrete slab | 5 Trace heater |
| 2 Temperature sensor | 6 Compacted sand |
| 3 Vapour barrier (if specified) | 7 Heat reservoir |
| 4 High limit temperature sensor | 8 Perimeter insulation |

Figure 28 – Typical underground thermal energy storage system installation

10.3 Thermal design – Heat-loss determination

The electrical power needed to provide heat for a specific application can be determined by calculating the building heat loss through walls, floors, ceilings and closed doors and windows. This is the natural building heat loss. Additional heat losses occur from the building's ventilation system and opening of doors. If allowance is not made for these additional losses, supplemental heating might be required.

10.4 Electrical design

Each trace heater branch circuit or each trace heater shall have ground fault equipment protection capable of interrupting high-impedance ground faults. This may be accomplished by a ground-fault equipment protective device with a nominal 30 mA trip rating or a controller with ground-fault interruption capability for use in conjunction with suitable circuit protection. For higher leakage current circuits, the trip level for adjustable devices is typically set at 30 mA above any inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater as specified by the manufacturer. Where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installed systems and continued circuit operation is necessary for the safe operation of the equipment or processes, ground-fault detection without interruption is acceptable if alarmed in a manner to ensure an acknowledged response.

10.5 Control and monitoring system design

Each heating zone should have its own temperature controller. The set point is typically in the range from 18 °C to 24 °C. Some types of trace heating require the use of a high limit temperature controller to protect the integrity of the system.

The trace heating system should be energized for a controlled period sufficient to build up the heat reservoir so that further energization is not required during periods when usage of electricity is to be avoided.

10.6 Special design considerations when trace heaters are located in sand layer

The use of a vapour barrier to retain moisture in the sand is recommended. See Figure 28.

The perimeter of the foundations area should be insulated with thermal insulation, typically 50 mm thick rigid foam sheeting, extending 1,5 m down, to minimize lateral heat loss.

10.7 Installation

10.7.1 General

Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular application. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it is necessary to ensure that the original design parameters are still valid. Correct installation, appropriate testing, and maintenance according to the installation procedures are essential for satisfactory performance and safety. The supplier of the trace heating system shall provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components.

10.7.2 Installation in sand

Trace heaters that are provided for this specific application are designed for installation in a carefully prepared sand base, free of stones, debris, and organic matter. In some geographic areas, trace heaters can be placed directly in the earth by means of a trenching plough. Typical installation in sand is as follows.

- a) The sand base should be installed and compacted to the desired trace heater burial depth.
- b) Prior to installation, it should be verified that the trace heater is the correct factory fabricated unit or bulk cable type.
- c) An insulation resistance test should be conducted with a test voltage of at least 500 V d.c. However, for mineral-insulated trace heaters a test voltage of 1 000 V d.c. is recommended, and for polymer-insulated trace heaters, 2 500 V d.c. is recommended. The measured value should not be less than 20 MΩ.
- d) The trace heater is to be laced in a predetermined pattern, adhering to spacing and bending radii specified by the trace heater manufacturer. Temporary frames can be used to position and support trace heater loops. The insulation resistance test described in item c) should be repeated.
- e) Sand should be filled to the slab installation level (except for frame areas).
- f) The temporary frames (or positioning devices) should be removed, with care taken so that trace heater patterns are not distorted.
- g) The exposed trace heater loops should be covered with sand and the entire area should be compacted.

10.7.3 Installation in concrete

When trace heaters are to be installed in concrete, it is particularly important to verify that the correct factory fabricated unit or bulk trace heater type is being installed. Other installation notes are as follows.

- a) Prior to the installation of the trace heater the adjacent area should be inspected and any sharp objects or burrs (on the wire mesh or re-bar) should be removed or smoothed.
- b) The trace heater attachment, spacing and minimum bend radius should comply with the manufacturer's specifications and expansion joint transitions should be made following the method indicated on installation drawings.
- c) When the trace heater installation is complete and prior to the placement of concrete, the drawings should be modified to show the exact location of the trace heaters if the as-built layout has deviated from the initial drawings.
- d) Prior to placement of the concrete, an insulation resistance test should be conducted. For polymer-insulated trace heaters, a 2 500 V d.c. test voltage is recommended and, for mineral-insulated trace heaters, a maximum test voltage of 1 000 V d.c. is suggested. If equipment is not available to provide these test voltages, then a 500 V d.c. test voltage should be a minimum. Regardless of the test voltage, the measured value should not be less than 20 M Ω . This test should be repeated during the installation of the concrete. If damage is detected, it should be rectified before continuing with the installation.
- e) During the placement of concrete, attention should be paid to maintaining adequate clearance of the concrete delivery chute above the trace heater and maintaining a moderate concrete delivery speed to prevent the trace heater being displaced. Unnecessary foot traffic and excessive use of rakes, shovels and vibrators might also dislodge or damage the trace heaters.
- f) The insulation resistance reading should be recorded upon completion of the concrete pour.
- g) The trace heaters should not be energized until the concrete has cured.

10.8 Maintenance

Refer to 4.8.

10.9 Repair

The repair of trace heating systems embedded in, or below, concrete requires the use of special equipment to locate the fault. Consultation with the manufacturer or a contractor specifically trained in performing this kind of repair is recommended.

If the installation has been designed with access to each run of trace heater, it is possible to identify and isolate a faulty run, providing that this will not result in too much current in other runs. It is important to consult the manufacturer before shortening the circuit length of series cables. Otherwise, it may be necessary to isolate all the trace heating in the faulty circuit.

In some circumstances, with certain types of trace heating, it may be possible to increase the voltage of some circuits to compensate for any circuits that have been isolated. Again, it is essential to consult the manufacturer before making such changes.

Annex A (informative)

Pre-installation checks

Items to be checked		Remarks
1	Is the workpiece fully erected and tested and all temporary supports removed? Is the surface to be heated free from sharp edges, weld spatter and rough surfaces?	Any welding or pressure testing after the installation of a trace heater could damage the device.
2	Is the surface upon which the trace heater is to be applied normal steel or non-metallic?	If the surface is of polished stainless steel, very thin-walled pipe or non-metallic of any kind, special precautions may be necessary.
3	Do the items to be heated correspond in size, position, etc. with the design?	It is sometimes difficult to be sure that the correct pipe is being heated. A suitable line numbering system may be of assistance.
4	Has it been specified that metallic foil be installed before the application of the trace heater?	This may be used to aid heat distribution.
5	Has it been specified that metallic foil be installed after the application of the trace heater?	This may be used to prevent insulation from surrounding the trace heater or to aid heat distribution.
6	Can flow of product under normal or abnormal conditions reach temperatures greater than those that the trace heater can withstand?	This would normally be covered in the design stage; however, further discussion with staff at the plant may show that incorrect or out-of-date information has been used.
7	Is the trace heating system documentation (working drawings, designs, and instructions) available?	No change should be contemplated without reviewing the trace heating system documentation, as careful calculations are necessary to ensure safe operation.
8	Can pipes or surfaces expand and contract so as to cause stress on any part of the trace heating installation?	In this case, precautions are necessary to avoid damage.
9	Can sensors of temperature controllers be affected by external influences?	An adjacent heating circuit could affect the sensor.
10	Is the trace heater to be spiralled or zigzagged onto the workpiece, according to the design?	Check design loading per unit length of pipe (or surface area) to determine if spiral or zigzag application is necessary.
11	Are cold leads, when fitted, suitable for contact with the heated surface?	If the cold lead is to be buried under the insulation, it has to be able to withstand the temperature.
12	Is the pipework hung from a pipe rack?	In this case, special precautions are required to ensure the weatherproofing of the insulation at points of suspension.
13	Does pipework have its full complement of supports?	The addition of intermediate supports at a later stage could damage the heating system.
14	Are there sample lines/bleed lines, etc. at the plant but not on drawings?	These could obstruct or prevent the fitting of the trace heater, and a review of the trace heating system documentation may be necessary.
15	Are other parameters used in the design of the equipment as specified by the design documentation?	
16	Are the trace heaters, controllers, junction boxes, switches, cable glands, etc., suitable for the environmental conditions and are they protected as necessary against corrosion and the ingress of liquids and particulate matter?	

Annex B (informative)

Trace heater commissioning record

Location	System	Project number	Reference drawing(s)
Line number	Trace heater number	Corrosive atmosphere	Sheath temperature limitation
Panel number	Location	Circuit number	Circuit amp/voltage
Trace heater supplier	Trace heater model	Trace heater wattage unit length/voltage rating	
Megohm meter manufacturer/model		Voltage setting	Accuracy/full scale
Megohm meter date of last calibration			
Multimeter manufacturer/model	Ohm setting	Accuracy/full scale	
TRACE HEATER TESTING	Test value/remarks	Date	Initials
NOTE The minimum acceptable insulation resistance is 20 MΩ. The minimum acceptable test voltage is 500 V d.c. However, 1 000 V d.c. is recommended for MI, and 2 500 V d.c. for polymeric trace heaters.			
1 Receipt of material on reel			
Continuity test on reel			
Insulation resistance test on reel			
2 Piping completed (approval to start trace heater installation)			
3 After installation			
4 Trace heater installed (approval to start thermal insulation installation)			
Trace heater correctly installed on pipe, vessel or equipment			
Trace heater correctly installed at valves, pipe supports, other heat sinks			
Components correctly installed and terminated (power, tee-end seal)			
Installation agrees with supplier's instructions and circuit design			
5 Thermal insulation installation complete			
Continuity test			
Insulation resistance test			
SYSTEM INSPECTED:			
6 Marking, tagging and identification complete (see IEC 62395-1 (2006), Clause 6)			
7 Trace heater effectively earthed			
8 Temperature controls properly installed and set points verified			
9 Junction boxes properly marked and closed			
10 Thermal insulation weather tight (all penetrations sealed)			
11 End seals, covered splices marked on insulation outer cladding			
12 Drawings, documentation marked as-built			
Performed by:		Company	Date
Witnessed by:		Company	Date
Accepted by:		Company	Date
Approved by:		Company	Date

Annex C (informative)

Maintenance schedule and log record

Location system		System		Reference drawing(s)			
CIRCUIT INFORMATION							
Trace heater number		Circuit length		Breaker panel no.			
Power connection		Design voltage		Breaker pole(s) no.			
Tee connection		Residual current protection (type)					
Splice connection		Residual current trip setting					
Heating controller							
VISUAL							
Panel no.	Circuit no.						
	Date						
	Initial						
Thermal insulation							
Damaged insulation/ lagging							
Water seal acceptable							
Insulation/lagging missing							
Presence of moisture							
Heating system components							
Enclosures, boxes sealed							
Presence of moisture							
Signs of corrosion							
Trace heater lead discoloration							
Heating and/or high limit controller							
Operating property							
Controller set point							
ELECTRICAL							
Insulation resistance testing (bypass controller if applicable) – refer to 4.7.5 and 4.8.6 in this technical specification.							
Test voltage							
Megger value, MΩ							
Trace heater supply voltage							
Value at power source							
Value at field connection							
Trace heater circuit current reading							
Amps reading at (2 to 5) min							
Amps reading after 15 min							
Ground-fault current							
Comments and actions							
Performed by:					Company		Date
Approved by:					Company		Date

Bibliography

IEC 60079-30-1:2007, *Explosive atmospheres – Part 30-1: Electrical resistance trace heating – General and testing requirements*

IEC 60079-30-2:2007, *Explosive atmospheres – Part 30-2: Electrical resistance trace heating – Application guide for design, installation and maintenance*

IEC 60335-2-83:2005, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-83: Particular requirements for heated gullies for roof drainage*

IEC 60335-2-96:2002, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-96: Particular requirements for flexible sheet heating elements for room heating*¹
Amendment 1 (2003)

IEEE Std 515.1-1995, *IEEE Recommended Practice for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Heat Tracing For Commercial Applications*

The ASHRAE Application Handbook, The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) – <http://www.ashrae.org>

¹ There exists a consolidated edition 1.1 (2005) that includes edition 1 and its amendment.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	93
INTRODUCTION.....	95
1 Domaine d'application et objet.....	96
2 Références normatives.....	97
3 Termes et définitions	97
4 Chauffage de surface des systèmes de cuves et de tuyauteries	97
4.1 Description de l'application.....	97
4.1.1 Généralités.....	97
4.1.2 Conditions environnementales.....	97
4.1.3 Aspects des systèmes de chauffage par traçage	98
4.2 Informations concernant la conception – Généralités.....	98
4.2.1 Généralités.....	98
4.2.2 Conception électrique du système	99
4.2.3 Régulation et surveillance	99
4.2.4 Conception du système de chauffage par traçage.....	100
4.2.5 Documentation concernant les informations de conception	100
4.3 Conception thermique du système.....	101
4.3.1 Généralités.....	101
4.3.2 Conditions de conception	101
4.3.3 Isolation thermique	102
4.3.4 Détermination des pertes de chaleur	107
4.3.5 Coefficient de sécurité de conception	108
4.3.6 Aspects concernant le réchauffage.....	108
4.3.7 Sélection de la résistance de traçage	109
4.3.8 Calculs de conception.....	112
4.3.9 Calculs de la température théorique de la gaine – Applications utilisant des tuyaux métalliques	112
4.3.10 Calculs de la température théorique de la gaine – Applications utilisant des tuyaux non-métalliques	113
4.3.11 Documentation de conception.....	114
4.3.12 Démarrage à températures ambiantes faibles.....	115
4.3.13 Circuits de résistances de traçage de grande longueur.....	115
4.3.14 Effet de cheminée.....	116
4.4 Conception électrique.....	116
4.5 Conception du système de régulation et de surveillance.....	116
4.5.1 Généralités.....	116
4.5.2 Régulateurs mécaniques	117
4.5.3 Régulateurs électroniques	117
4.5.4 Bonne adaptation à l'application	117
4.5.5 Emplacement des régulateurs	118
4.5.6 Emplacement des capteurs.....	118
4.5.7 Aspects liés aux alarmes	119
4.5.8 Régulation intégrée	120
4.5.9 Analyse du modèle de circulation	120
4.5.10 Technique de régulation de tronçon mort.....	122
4.6 Considérations particulières de conception.....	122
4.6.1 Généralités.....	122

4.6.2	Systèmes de protection contre le gel	123
4.6.3	Systèmes pulvérisateurs de lutte incendie	123
4.6.4	Services d'eau chaude/d'eau tiède	123
4.6.5	Conduites spécialisées	124
4.7	Installation	126
4.7.1	Généralités	126
4.7.2	Aspects touchant au personnel	126
4.7.3	Travaux préparatoires	127
4.7.4	Installation préliminaire des circuits de traçage	127
4.7.5	Essai de résistance d'isolement	127
4.7.6	Installation des systèmes de résistances de traçage	128
4.7.7	Installation du matériel de régulation et de surveillance	130
4.7.8	Modifications nécessaires	131
4.7.9	Installation du système d'isolation thermique	131
4.7.10	Installation électrique	133
4.7.11	Mise en service	134
4.8	Maintenance	135
4.8.1	Généralités	135
4.8.2	Formation du personnel de maintenance	135
4.8.3	Fréquence d'inspection	136
4.8.4	Documentation du programme de maintenance	136
4.8.5	Evaluation visuelle	136
4.8.6	Evaluation électrique	136
4.8.7	Revue du système de protection électrique	137
4.9	Réparation	137
4.9.1	Généralités	137
4.9.2	Localisation de défaut	137
4.9.3	Faisabilité des réparations des résistances de traçage	138
4.9.4	Techniques de réparation pour les résistances de traçage électrique	138
5	Dégivrage des toits et des gouttières	139
5.1	Description de l'application	139
5.2	Informations concernant la conception – Généralités	139
5.3	Conception thermique	140
5.4	Conception électrique	140
5.5	Conception du système de régulation et de surveillance	141
5.6	Considérations particulières de conception	141
5.7	Installation	141
5.7.1	Généralités	141
5.7.2	Montage des résistances de traçage et des composants	141
5.8	Maintenance	145
5.9	Réparation	145
6	Chauffage des rails	146
6.1	Description de l'application	146
6.1.1	Chauffage par points	146
6.1.2	Chauffage du rail de contact/rail conducteur	146
6.1.3	Chauffage de la voie	146
6.1.4	Chauffage des caténaires/sabots de pantographe	147
6.2	Informations de conception	147
6.2.1	Généralités	147

6.2.2	Données météorologiques	147
6.2.3	Description de la surface	147
6.2.4	Conception du système	147
6.2.5	Classification du niveau de performance.....	147
6.3	Conception thermique	148
6.3.1	Généralités.....	148
6.3.2	Charge de chauffage type.....	148
6.4	Conception électrique.....	148
6.5	Conception du système de régulation et de surveillance.....	148
6.6	Considérations particulières de conception.....	149
6.6.1	Considérations électriques	149
6.6.2	Analyse limitée d'éléments	149
6.7	Installation	149
6.8	Maintenance.....	152
6.9	Réparation	152
7	Dispositifs destinés à faire fondre la neige	152
7.1	Description de l'application.....	152
7.2	Informations de conception.....	152
7.2.1	Généralités.....	152
7.2.2	Données météorologiques	152
7.2.3	Détails de construction de la pièce à traiter	153
7.2.4	Considérations électriques	153
7.2.5	Niveau de performance du système.....	153
7.2.6	Montage des résistances de traçage et des composants	154
7.3	Conception thermique – Détermination de la puissance de sortie (charge thermique).....	158
7.4	Conception électrique.....	158
7.5	Conception du système de régulation et de surveillance.....	158
7.6	Considérations particulières de conception.....	159
7.7	Installation	159
7.8	Maintenance.....	160
7.9	Réparation.....	160
8	Chauffage des sols.....	160
8.1	Description de l'application.....	160
8.2	Informations de conception.....	160
8.2.1	Généralités.....	160
8.2.2	Données environnementales.....	161
8.2.3	Détails de construction de la pièce à traiter	161
8.2.4	Considérations électriques	161
8.2.5	Montage des résistances de traçage et des composants	161
8.3	Conception thermique – Détermination de la charge thermique	163
8.4	Conception électrique.....	164
8.5	Conception du système de régulation et de surveillance.....	164
8.6	Considération particulière de conception	165
8.7	Installation	165
8.8	Maintenance.....	165
8.9	Réparation	165
9	Protection contre le déchaussement.....	165
9.1	Description de l'application.....	165

9.2	Informations de conception.....	166
9.2.1	Généralités.....	166
9.2.2	Détails de construction du sol.....	166
9.2.3	Considérations électriques.....	166
9.3	Détermination de la charge thermique.....	167
9.3.1	Généralités.....	167
9.3.2	Montage des résistances de traçage et des composants.....	168
9.4	Conception électrique.....	168
9.5	Conception du système de régulation et de surveillance.....	168
9.5.1	Options de commande.....	168
9.5.2	Surveillance.....	168
9.6	Considérations particulières de conception.....	168
9.7	Installation.....	169
9.8	Maintenance.....	169
9.9	Réparation.....	169
10	Systèmes de stockage de l'énergie thermique en souterrain.....	170
10.1	Description de l'application.....	170
10.2	Informations de conception.....	170
10.2.1	Généralités.....	170
10.2.2	Données environnementales.....	170
10.2.3	Détails de construction du bâtiment.....	170
10.2.4	Considérations électriques.....	170
10.2.5	Montage des résistances de traçage et des composants.....	170
10.3	Conception thermique – Détermination des pertes de chaleur.....	171
10.4	Conception électrique.....	172
10.5	Conception du système de régulation et de surveillance.....	172
10.6	Considérations de conception particulières pour des résistances de chauffage placées dans des couches de sable.....	172
10.7	Installation.....	172
10.7.1	Généralités.....	172
10.7.2	Installation dans le sable.....	172
10.7.3	Installation dans le béton.....	173
10.8	Maintenance.....	174
10.9	Réparation.....	174
Annexe A (informative)	Vérifications avant l'installation.....	175
Annexe B (informative)	Enregistrement de mise en service d'une résistance de traçage.....	176
Annexe C (informative)	Programme et journal de maintenance.....	177
Bibliographie.....		178
Figure 1	– Isolation thermique – Installation d'une barrière contre les intempéries.....	104
Figure 2	– Profil type de température.....	106
Figure 3	– Conditions d'équilibre pour la maintenance de la pièce à traiter.....	111
Figure 4	– Conditions d'équilibre pour l'évaluation des limites supérieures.....	111
Figure 5	– Exemple de réservoir chauffé.....	121
Figure 6	– Exemple de dérivation.....	122
Figure 7	– Système de double confinement.....	125
Figure 8	– Systèmes de tuyauteries à flux de gravité.....	126

Figure 9 – Formation de barrières de glace.....	139
Figure 10 – Tuyau de descente vers évacuation souterraine.....	140
Figure 11 – Montage d'une résistance de traçage de toit et de gouttière.....	142
Figure 12 – Détail d'une gouttière.....	143
Figure 13 – Méthodes types de montage des toits.....	144
Figure 14 – Détail des tuyaux d'évacuation pour toit plat.....	145
Figure 15 – Positionnement type de la résistance de traçage sur la contre-aiguille et le rail d'aiguillage.....	150
Figure 16 – Positionnement type de la résistance de traçage sur le croisement à cœur mobile.....	150
Figure 17 – Résistance de traçage type des verrouillages de serrage.....	151
Figure 18 – Positionnement type de la résistance de traçage sur les rails de contact plaqués en aluminium et acier.....	151
Figure 19 – Positionnement type de la résistance de traçage dans le sabot du pantographe.....	151
Figure 20 – Résistance de traçage pour faire fondre la neige enfouie dans le béton.....	155
Figure 21 – Résistance de traçage pour faire fondre la neige à l'intérieur d'un conduit.....	156
Figure 22 – Détail de joint de dilatation.....	157
Figure 23 – Emplacement de la boîte de jonction pour fonte de la neige.....	157
Figure 24 – Montage type des résistances de traçage pour le chauffage des sols.....	163
Figure 25 – Exigences types pour la puissance de chauffage des sols.....	164
Figure 26 – Sous-structure type de prévention du déchaussement.....	166
Figure 27 – Exigences de puissance pour la prévention du déchaussement.....	167
Figure 28 – Installation type d'un système de stockage de l'énergie thermique en souterrain.....	171
Tableau 1 – Exemples d'applications.....	100
Tableau 2 – Recommandations pour la surveillance et la commande – Commandes Types II et III.....	118
Tableau 3 – Recommandations pour les services d'eau chaude et les températures d'eau tiède.....	124
Tableau 4 – Exigences potentielles de charges de traçage.....	148
Tableau 5 – Charges thermiques types pour faire fondre la neige.....	153

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SYSTÈMES DE TRAÇAGE PAR RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE POUR
APPLICATIONS INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES –****Partie 2: Guide d'application pour la conception,
l'installation et la maintenance du système**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Dans des circonstances exceptionnelles, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique lorsque

- le soutien nécessaire ne peut pas être obtenu pour la publication d'une Norme internationale, en dépit d'efforts répétés, ou
- lorsque le sujet est encore en évolution d'un point de vue technique ou, pour toute autre raison, lorsqu'il existe une possibilité dans l'avenir mais pas dans l'immédiat pour un accord sur une norme internationale.

Les spécifications techniques sont révisées dans les trois années qui suivent leur publication pour décider si elles peuvent être transformées en Normes internationales.

La CEI 62395-2, qui est une spécification technique, a été établie par le comité technique 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
27/582/DTS	27/606A/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la CEI 62395, dont le titre général est *Systèmes de traçage par résistance électrique pour applications industrielles et commerciales*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale,
- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

La CEI 62395-1 fournit les exigences essentielles et les essais appropriés au matériel de traçage par résistance électrique utilisé dans des applications industrielles et commerciales. Alors qu'une partie de ce travail existe déjà dans des normes nationales ou internationales, cette norme a collationné la plupart des travaux existants tout en y introduisant un apport considérable.

La CEI/TS 62395-2 fournit des recommandations détaillées concernant la conception, l'installation, la maintenance et la réparation des systèmes de traçage par résistance électrique dans les installations industrielles et commerciales qui peuvent intégrer des applications de chauffage des tuyauteries, des cuves, des toits et des dalles en béton.

La CEI 62395 est destinée à assurer que les systèmes de traçage électrique fonctionnent en toute sécurité, en utilisation normale, dans les conditions définies pour leur utilisation.

- a) en employant des résistances de traçage de construction appropriée et en satisfaisant aux critères et aux exigences d'essai détaillés dans la CEI 62395-1. Il convient que la construction possède une gaine métallique, une tresse de métal, un écran métallique ou un revêtement électriquement conducteur équivalent;
- b) en fonctionnant à des valeurs de températures sûres quand ils sont conçus, installés et entretenus conformément à la CEI/TS 62395-2;
- c) en présentant au moins les niveaux minimaux des exigences de protection contre les surintensités et les défauts à la terre donnés dans la CEI 62395-1 (2006) (4.3).

SYSTÈMES DE TRAÇAGE PAR RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE POUR APPLICATIONS INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES –

Partie 2: Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance du système

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 62395 fournit des recommandations détaillées pour la conception, l'installation, la maintenance et la réparation des systèmes de traçage par résistance électrique dans les applications industrielles et commerciales. Cette spécification technique ne comprend pas et ne prévoit pas d'applications pour atmosphères explosives.

Cette spécification traite des systèmes de traçage qui peuvent comprendre aussi bien des unités assemblées sur site (site d'exploitation) que des unités fabriquées en usine et qui peuvent être des câbles de traçage en série, des câbles de traçage en parallèle, des bandes ou des panneaux de traçage qui ont été assemblés et/ou équipés de terminaisons conformément aux instructions du fabricant pour le raccordement aux alimentations de tensions inférieures ou égales à 450 V/750 V.

La présente Spécification technique ne couvre pas le chauffage par induction, impédance ou effet de peau.

Les systèmes de traçage peuvent être regroupés en différents types d'installations. Ces types sont caractérisés par des exigences d'essai différentes et ils sont généralement certifiés pour un type particulier d'installation ou d'application. Les applications typiques sont les suivantes selon les différents types d'installation:

a) Installations de traçage des tuyaux, des cuves et des matériels associés

Parmi ces applications:

- protection contre le gel et maintien de la température;
- conduites d'eau chaude;
- conduites pour le pétrole et les produits chimiques;
- systèmes pulvérisateurs.

b) Installations de chauffage par traçage en zone exposée à l'extérieur

Parmi ces applications:

- dégivrage des toits;
- dégivrage des gouttières et des tuyaux de descente d'eau pluviale;
- puisards et tuyaux d'évacuation;
- chauffage des rails.

c) Installation avec chauffage par traçage intégré

Parmi ces applications:

- dispositifs destiné à faire fondre la neige;
- chauffage des sols;
- protection contre le gel;
- systèmes de stockage souterrains de l'énergie thermique;

- huisseries de portes.
- d) Installations avec système de chauffage par traçage à l'intérieur des conduits ou des tuyauteries

Parmi ces applications:

- dispositifs destinés à faire fondre la neige – à l'intérieur d'un conduit;
- chauffage des sols – à l'intérieur d'un conduit;
- protection contre le gel – à l'intérieur d'un conduit;
- systèmes de stockage souterrains de l'énergie thermique – à l'intérieur d'un conduit;
- chauffage par traçage interne des conduites d'eau potable;
- tuyaux d'évacuation et galeries sous enveloppe.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-841, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 841: Electrothermie industrielle*

CEI 60519-1, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 1: Exigences générales*

CEI 62395-1:2006, *Systèmes de traçage par résistance électrique pour applications industrielles et commerciales – Partie 1: Exigences générales et d'essai*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions donnés dans la CEI 60519-1, dans la CEI 62395-1 et dans la CEI 60050-841 s'appliquent.

4 Chauffage de surface des systèmes de cuves et de tuyauteries

4.1 Description de l'application

4.1.1 Généralités

Les tuyauteries et les cuves sont souvent équipées de systèmes de chauffage par traçage montés en surface pour maintenir la température de l'eau au-dessus du point de congélation et pour maintenir les fluides et les gaz de processus à des niveaux de température donnés. Les résistances de traçage compensent les pertes de chaleur vers l'environnement qui sont réduites mais ne sont pas éliminées par l'isolation thermique.

4.1.2 Conditions environnementales

Il convient d'accorder toute l'attention nécessaire aux conditions environnementales immédiates, en particulier dans le cas des systèmes qui sont exposés à la lumière solaire (exposition aux ultraviolets), à des atmosphères côtières (brouillard salin corrosif et humidité élevée) et à des atmosphères chimiques comme dans les raffineries de pétrole et les usines de produits chimiques.

Les matériels qui sont exposés aux ultraviolets peuvent se dégrader en raison de l'oxydation qui s'opère en surface et qui peut entraîner une fragilisation et des craquelures de la surface. Les atmosphères corrosives peuvent affecter les mêmes surfaces exposées et peuvent accélérer la dégradation des surfaces qui sont aussi sensibles aux ultraviolets. L'exposition à des produits chimiques peut affecter tous les matériels qu'ils soient recouverts ou non par une isolation thermique.

Les matériels de chauffage par traçage des tuyauteries et des cuves sont souvent en partie protégés de la corrosion et de l'exposition aux ultraviolets par l'isolation thermique. Toutefois, certains composants de ces systèmes peuvent être exposés à l'environnement comme par exemple les composants des connexions électriques et la barrière d'étanchéité qui entoure l'isolation thermique. La sélection des matériels de chauffage par traçage doit inclure une revue des paramètres influant sur la bonne adaptation d'un matériel donné aux conditions environnementales prévues.

4.1.3 Aspects des systèmes de chauffage par traçage

Les systèmes de chauffage par traçage vont de la simple protection contre le gel des tuyaux dans des bâtiments à usage commercial à des systèmes complexes, de grande taille, qui équipent les tuyauteries et les cuves des installations industrielles. Les détails nécessaires à la conception peuvent varier en fonction de la complexité de l'application. Les systèmes de régulation et les exigences en matière de surveillance peuvent également varier en fonction des exigences de régulation et de conception.

Il convient de choisir un matériel de chauffage par traçage adapté à l'application concernée. Par exemple, les tuyauteries en plastique n'offrent généralement qu'une plage étroite de températures d'exposition. Le système de chauffage et de régulation doit maintenir la température des tuyauteries dans les limites de la plage autorisée. Les processus faisant intervenir des températures élevées doivent utiliser des matériels de chauffage par traçage et des isolations thermiques adaptés aux températures maximales d'exposition.

Il convient d'accorder une attention particulière aux matériaux des systèmes de tuyauteries ainsi qu'aux systèmes de traçage en ce qui concerne le chemin efficace de retour de fuite à la terre/défaut à la terre. L'utilisation de systèmes de tuyauteries non métalliques, avec revêtement intérieur ou extérieur peut compliquer le chemin de retour de fuite à la terre/défaut à la terre. Les chemins de retour électrique établis au moment de l'installation peuvent être dégradés par la corrosion dans le cas d'une exploitation sur une longue période.

4.2 Informations concernant la conception – Généralités

4.2.1 Généralités

Les exigences pour la conception du système vont du simple respect des instructions d'installation dans le cas de la protection contre le gel au développement de configurations de systèmes électriques, de régulation, de surveillance et de traçage pour les installations complexes de grande taille comme les installations industrielles. Alors que chaque élément de la conception nécessite un traitement individuel, le système final doit être évalué comme une intégration de ces éléments qui le composent.

La conception du système de traçage doit être conforme à toutes les exigences de la CEI concernant l'utilisation des matériels électriques ainsi qu'aux exigences du présent document. Il convient de prendre en compte la maintenance des systèmes de traçage pour maintenir le rendement énergétique et les essais individuels de série des systèmes installés pour conserver un fonctionnement correct et en toute sécurité.

Il convient que les personnes mises à contribution pour la conception et la planification de systèmes de traçage soient formées de manière appropriée à toutes les techniques nécessaires.

4.2.2 Conception électrique du système

L'évaluation des systèmes de chauffage par résistance électrique inclut une évaluation initiale des exigences énergétiques et des matériels de distribution électrique associés. La sélection du type de matériel de traçage et du matériel de commande affecte les exigences pour la conception du système électrique. Des informations complémentaires sont données en 4.4.

4.2.3 Régulation et surveillance

4.2.3.1 Généralités

Les dispositifs de commande des systèmes de traçage sont souvent spécifiés pour réduire l'utilisation totale d'énergie et/ou pour maintenir certains processus particuliers dans les limites d'une bande étroite. Les systèmes de surveillance sont utilisés pour vérifier le fonctionnement correct du système et dans de nombreux cas pour fournir une indication des problèmes électriques ou de températures qui sont hors limites. Le 4.2.3 décrit les types fondamentaux de dispositifs de commande et de surveillance et définit les applications critiques en matière de systèmes de commande. La conception spécifique des systèmes de commande est donnée en 4.5.

4.2.3.2 Recommandations pour les systèmes de commande

Les recommandations pour les aspects commande et surveillance sont définies par type d'application.

a) Type I

Une commande de Type I est destinée aux applications dans lesquelles la température est maintenue au-dessus d'une valeur minimale. De grands éléments de puissance peuvent être commandés au moyen d'un dispositif de commande unique, par exemple un dispositif pour la détection de la température ambiante et tableau de distribution électrique. Le débit calorifique peut être fourni inutilement à certains moments et il convient de tolérer des plages étendues de température de fonctionnement. Le rendement énergétique peut être amélioré par l'utilisation de techniques de commande de tronçon mort (voir 4.5.10).

b) Type II

Une commande de Type II est destinée aux applications dans lesquelles il convient que la température soit maintenue dans les limites d'une bande modérée. Une commande type dans ce cas est celle qui utilise des thermostats mécaniques de détection pour les tuyaux.

c) Type III

Une commande de Type III est destinée aux applications dans lesquelles il convient que la température soit contrôlée dans les limites d'une bande étroite. Des dispositifs de régulation électroniques pour la détection sur les tuyaux utilisant des thermocouples ou des capteurs de température à résistance (resistance-temperature detector – RTD) facilitent l'étalonnage sur le terrain (site d'exploitation) et laissent une souplesse maximale pour la sélection de l'alarme de température et des fonctions de surveillance. La capacité calorifique peut être fournie pour pré-chauffer un tuyau vide ou élever la température d'un fluide ou les deux dans une plage et dans un intervalle de temps spécifiés. Les systèmes du Type III exigent un respect strict des configurations d'écoulement et des systèmes d'isolation thermique.

4.2.3.3 Régulation et surveillance des applications critiques

Si la défaillance d'une partie quelconque du système de traçage peut générer un problème de sécurité ou d'opérabilité, alors le système peut être considéré comme un composant critique de l'application. Les exigences de contrôle de la température et de surveillance du circuit d'une application peuvent être définies selon les types de contrôle de la température décrits en 4.2.3.2, combinés au niveau de contrôle décrit au Tableau 1.

Tableau 1 – Exemples d'applications

Le chauffage par traçage est-il un composant critique pour l'application?	Précision désirée pour le contrôle de température		
	Au-dessus d'une valeur minimale Type I	Dans les limites d'une bande modérée Type II	Dans les limites d'une bande étroite Type III
Oui = Critique (C–)	C – I	C – II	C – III
Non = Non-critique (NC–)	NC – I	NC – II	NC – III

Lorsque le chauffage par traçage est critique pour l'application, il convient de prendre en compte la surveillance du circuit pour le fonctionnement correct, les alarmes en cas de dysfonctionnement et les résistances de traçage de secours (redondantes). Les résistances de traçage redondantes peuvent permettre la réalisation d'une maintenance ou de réparations sans un arrêt du système et peuvent être utilisées pour accroître la fiabilité. Les dispositifs de commande redondants peuvent être spécifiés de manière à être activés automatiquement en cas de défaut indiqué par le système de surveillance/d'alarme.

4.2.4 Conception du système de chauffage par traçage

Il convient que les résistances de traçage soient choisies de manière à fournir suffisamment de puissance pour

- la compensation des pertes de chaleur lors du maintien d'une température spécifiée pour une application, voir la méthode de calcul en 4.3.4; et/ou
- élever la température d'une pièce à traiter et de son contenu lorsque cela est stipulé en un temps spécifié; voir la méthode de calcul en 4.3.6.

Il convient que l'évaluation fournisse au système électrique une capacité suffisante pour délivrer la puissance nécessaire à la température ambiante minimale spécifiée. Il est recommandé de multiplier les exigences calorifiques du système par un coefficient de sécurité comme cela est déterminé sur la base de 4.3.5. Des exigences de conception spécifiques supplémentaires sont décrites en 4.6.

4.2.5 Documentation concernant les informations de conception

Au niveau d'une installation et pour d'autres systèmes complexes, les informations de conception sont compilées et fournies sous la forme de spécifications, de schémas d'implantation et d'autres documentations et schémas du système. Tout élément de la liste suivante peut être applicable seul ou avec l'ensemble des autres éléments:

- paramètres thermiques de conception;
- schéma d'écoulement du système;
- schémas d'implantation des matériels (plans, sections, etc.);
- schémas des tuyaux (plans, isométrie, listes des conduites, etc.);
- spécifications concernant les tuyauteries;
- spécifications d'isolation thermique;
- schémas des détails des matériels (pompes, vannes, filtres, etc.);
- schémas électriques (unifilaires, élémentaires, etc.);
- nomenclature des matériaux;
- spécifications des matériels électriques;
- installation des matériels et manuels d'instructions;
- informations détaillées sur les matériels;
- planification de l'isolation thermique;

- procédures au cours des processus qui causeraient des températures élevées à l'intérieur des tuyaux, c'est à dire, sortie de vapeur ou réactions exothermiques.

4.3 Conception thermique du système

4.3.1 Généralités

La sélection des résistances de traçage intègre la détermination de la température maximale possible du système dans les conditions du cas le plus défavorable. L'évaluation doit démontrer que la température maximale du système ne dépasse pas la température de tenue maximale de la pièce à traiter ou de l'isolation thermique. Il convient que le fournisseur de résistances de traçage fournisse aussi des recommandations pour ces applications y compris des lignes directrices sur les performances des produits et leur installation.

La température de la gaine de la résistance de traçage et/ou la température maximale de la pièce à traiter peuvent être réduites, par exemple par l'utilisation de dispositifs multiples pour réduire la puissance produite par unité de longueur ou par la sélection du système de commande de la température.

Le paragraphe 4.3 examine les paramètres de conception, les aspects d'isolation thermique, les pertes de chaleur du système, les coefficients de sécurité, les aspects du réchauffage, la sélection des résistances de traçage, les calculs de conception, les calculs de température de la gaine, la documentation de conception, le démarrage avec des températures ambiantes peu élevées, les circuits de résistance de traçage de grande longueur et l'effet de cheminée.

4.3.2 Conditions de conception

Avant de commencer à concevoir le système, il est normalement nécessaire de disposer des conditions de conception générale et des éléments d'entrée d'application donnés ci-dessous. Les informations complémentaires qui peuvent être requises pour certaines applications spécifiques sont données en 4.6.

a) Paramètres du système:

- 1) température à maintenir dans les tuyaux et des cuves;
- 2) température ambiante minimale;
- 3) épaisseur et type de l'isolation;
- 4) diamètres, longueurs et cheminement (vertical, horizontal, oblique) des tuyaux ou dimensions des cuves;
- 5) type de tuyau:
 - i) non métallique;
 - ii) métallique;
- 6) composants tels que les pompes, les filtres, les brides, les vannes et les supports;
- 7) température maximale du processus (due au processus, nettoyage à la vapeur, etc.);
- 8) caractéristiques d'écoulement:
 - i) sous pression;
 - ii) sous l'effet de la gravité;
- 9) vitesse du vent à la conception.

b) Aspects électriques:

- 1) tension d'alimentation;
- 2) emplacements des circuits;
- 3) réseau de distribution.

4.3.3 Isolation thermique

4.3.3.1 Généralités

Il convient de considérer la sélection, l'installation et la maintenance de l'isolation thermique comme des éléments clés pour les performances d'un système de traçage par résistance électrique. Le système d'isolation thermique est normalement conçu pour empêcher la majeure partie des pertes de chaleur du système de traçage par résistance électrique en compensant pour la partie restante. C'est la raison pour laquelle, les problèmes qui touchent l'isolation thermique ont un impact direct sur les performances globales du système.

Les principaux aspects à prendre en compte sont les suivants:

- sélection d'un matériau isolant;
- sélection d'une barrière d'étanchéité (revêtement);
- sélection d'une épaisseur d'isolation économique;
- méthode de la double isolation.

4.3.3.2 Sélection du matériau isolant

Les aspects suivants jouent un rôle important dans le choix d'un matériau isolant. Il convient de tenir compte des facteurs suivants et d'optimiser la sélection en fonction des critères de conception:

- caractéristiques de température;
- conductivité thermique dans l'isolation;
- propriétés mécaniques;
- compatibilité chimique et résistance à la corrosion;
- résistance à l'humidité;
- risques pour la santé au cours de l'installation;
- résistance au feu;
- propriétés toxicologiques lors d'une exposition au feu;
- coûts.

Les matériaux isolants suivants sont largement répandus:

- silice expansée;
- fibre minérale;
- verre cellulaire;
- uréthane;
- fibre de verre;
- silicate de calcium;
- polyisocyanurate;
- silicate de perlite.

Dans le cas des isolants mous, (fibre minérale, fibre de verre, etc.), l'isolation pour la taille réelle du tuyau peut être utilisée dans de nombreux cas en liant étroitement l'isolation. Il convient de veiller à ce que les résistances de traçage ne soient pas enfouies dans l'isolation ce qui pourrait leur causer des dommages ou ce qui pourrait réduire le transfert approprié de la chaleur. Comme alternative, l'isolation pour la taille de tuyau immédiatement supérieure qui peut facilement envelopper le tuyau et la résistance de traçage électrique est également acceptable. L'isolation rigide (silicate de calcium, silice expansée, verre cellulaire, etc.) peut être une isolation pour la taille du tuyau si le nécessaire a été fait pour s'adapter au joint longitudinal. Dans tous les cas, il convient que le type, la taille et l'épaisseur de l'isolant soient clairement spécifiées.

L'isolation des vannes, des brides, des pompes, des instruments et d'autres matériels de forme irrégulière est normalement adaptée à la configuration spécifique concernée. Elle peut être fabriquée à partir de blocs, de segments d'isolation ou de couvercles amovibles souples.

Il convient d'utiliser des ciments isolants ou des matériaux fibreux pour remplir les fissures et les joints. Pour l'isolation totale d'une surface irrégulière, une couche proportionnellement plus épaisse de ciment isolant peut être appliquée pour obtenir la capacité isolante désirée. Si on isole avec du ciment, il convient d'installer une barrière au-dessus du chauffage par traçage pour empêcher le ciment isolant de l'isoler de la pièce à travailler (créant des températures de chauffage excessives).

4.3.3.3 Sélection d'une barrière d'étanchéité (revêtement)

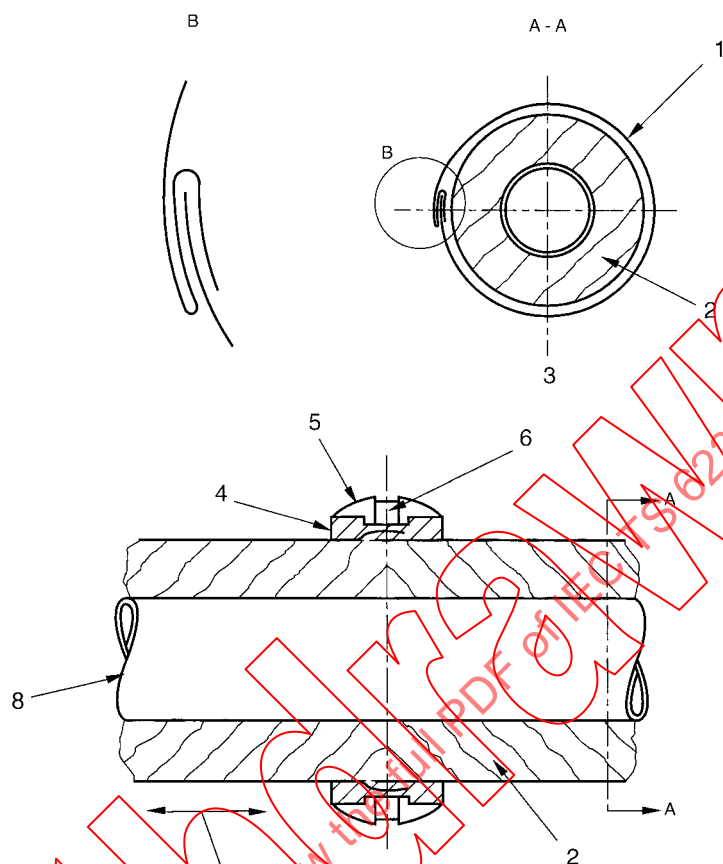
Le fonctionnement correct d'un système de traçage électrique est obtenu lorsque l'isolation est sèche. La puissance calorifique des traçages électriques est normalement insuffisante pour sécher une isolation thermique humide. Certains matériaux isolants ne regagnent jamais leur pleine capacité d'isolation une fois qu'ils ont été humidifiés même si on les retire des tuyauteries et qu'ils subissent un séchage forcé.

Il est recommandé de protéger les tuyauteries droites contre les intempéries avec des gaines métalliques ou en polymère ou en utilisant un système de mastic. Si on utilise des gaines métalliques, il convient que celles-ci soient lisses avec des joints longitudinaux en forme de "S" modifiés. Il convient que les joints d'extrémité circulaires soient scellés avec des bandes de fermeture et qu'ils soient fournis avec un produit d'étanchéité sur le bord extérieur où à l'endroit où il y a recouvrement (voir Figure 1).

Une gaine qui présente un recouvrement ou qui est fermée sans produit d'étanchéité n'est pas efficace comme barrière contre l'humidité. Un joint unique non-étanché peut permettre la fuite d'une quantité considérable d'eau dans l'isolation au cours d'une forte pluie.

Il convient que le type de barrière d'étanchéité soit déterminé à partir des éléments suivants:

- efficacité pour éliminer l'humidité;
- nature corrosive des produits chimiques dans la zone;
- exigences en matière de protection contre le feu;
- durabilité en présence d'agressions mécaniques;
- coûts.



IEC 748/08

Légende

- | | |
|--|----------------------|
| 1 Gaine métallique | 5 Bande de fermeture |
| 2 Isolation | 6 Bride d'isolation |
| 3 Tuyau isolé par une gaine métallique | 7 Mouvement |
| 4 Mastique d'étanchéité | 8 Tuyau |

Figure 1 – Isolation thermique – Installation d'une barrière contre les intempéries

4.3.3.4 Etanchéité des pénétrations d'une barrière contre les intempéries

Un calfeutrage de qualité des pénétrations d'une barrière contre les intempéries est nécessaire pour empêcher la pénétration de l'eau et la contamination des systèmes d'isolation thermique. Les supports structurels et les kits de raccordement des chauffages par traçage sont des exemples de telles pénétrations. Des matériaux de calfeutrage de basse qualité se dessèchent et se fissurent, permettant ainsi la pénétration de l'eau.

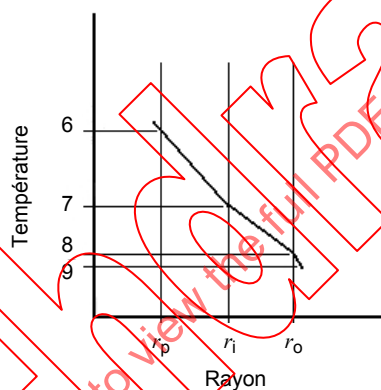
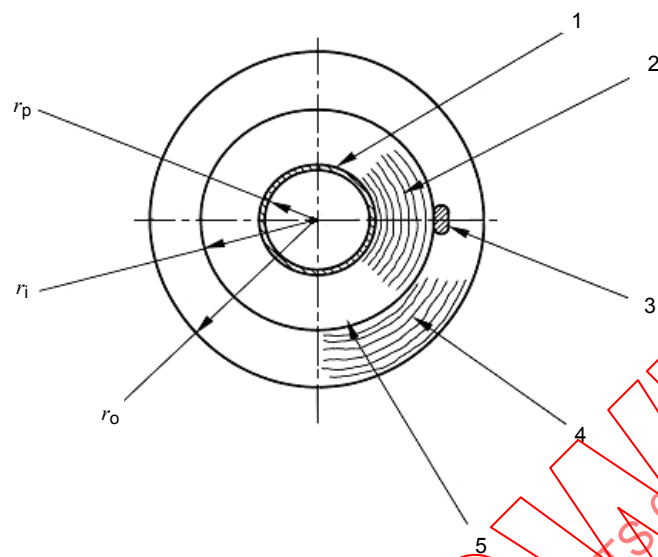
4.3.3.5 Sélection économique de l'épaisseur

Une évaluation économique de l'isolation prend en compte, au minimum, les coûts initiaux des matériaux et de l'installation comparés à l'énergie économisée au cours de la vie du système. Il convient de noter que les épaisseurs d'isolation réelles ne correspondent pas toujours exactement à l'épaisseur nominale d'isolation. Lors du choix de la taille de l'isolation,

il convient de vérifier si l'isolation réelle de la taille du tuyau est adaptée ou non pour contenir à la fois le tuyau et la résistance de traçage.

4.3.3.6 Méthode de la double isolation

La technique de la double isolation peut être employée lorsque la température du tuyau dépasse la température maximale admissible de la résistance de traçage. Une application typique de cette technique est la prévention du gel des condensats dans les conduites de vapeur à haute température lorsqu'elles ne sont pas utilisées. La résistance de traçage est située entre deux couches d'isolation entourant le tuyau. Le principe de la technique de la double isolation est de déterminer la combinaison correcte du type de l'isolation intérieure et extérieure et de l'épaisseur qui donne une température d'interface acceptable pour la résistance de traçage. Il convient que la couche intérieure des joints d'extrémité circulaires de l'isolation thermique soit installée avec des joints d'étanchéité pour empêcher l'ouverture d'espaces comme des chauffages de tuyaux. Ces espaces peuvent provoquer des températures élevées du système de chauffage par traçage et l'endommager. L'installation est illustrée et un profil de température type est indiqué graphiquement à la Figure 2. Il est à noter qu'il convient de prendre en compte les conditions maximales de température ambiante pour cette détermination.



IEC 749/08

Légende

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 Tuyau | 6 Température du tuyau |
| 2 Couche d'isolation intérieure | 7 Température d l'interface |
| 3 Résistance de traçage | 8 Température de la surface de l'isolation extérieure |
| 4 Couche d'isolation extérieure | 9 Température ambiante |
| 5 Feuille métallique (aluminium) | |

Figure 2 – Profil type de température

4.3.4 Détermination des pertes de chaleur

Les pertes de chaleur d'une pièce à traiter peuvent être calculées à partir de l'équation suivante qui incorpore à la fois des paramètres de conduction et de convection:

$$q = \frac{(T_p - T_a)}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi k_1} + \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi k_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (1)$$

où

q est la perte de chaleur par unité de longueur du tuyau en watts par mètre (W/m);

T_p est la température à maintenir désirée en degrés Celsius (°C);

T_a est la température ambiante minimale de conception en degrés Celsius (°C);

D_1 est le diamètre intérieur de la couche d'isolation intérieure en mètres (m);

D_2 est le diamètre extérieur de la couche d'isolation intérieure en mètres (m) (diamètre intérieur de la couche d'isolation extérieure le cas échéant);

D_3 est le diamètre extérieur de la couche d'isolation extérieure, le cas échéant, en mètres (m);

k_1 est la conductivité thermique de la couche intérieure de l'isolation évaluée à sa température moyenne (W/mK);

k_2 est la conductivité thermique de la couche extérieure de l'isolation, le cas échéant, évaluée à sa température moyenne (W/mK);

h_i est le coefficient de convection de contact de l'air intérieur entre le tuyau et la surface de l'isolation intérieure le cas échéant (W/m²K);

h_{co} est le coefficient de convection de contact de l'air intérieur entre la surface de l'isolation extérieure et la barrière d'étanchéité, le cas échéant (W/m²K);

h_o est le coefficient de convection du film d'air extérieur de la barrière d'étanchéité à l'environnement ambiant (W/m²K) (valeurs types pour ce terme entre 5 W/m²K et 50 W/m²K pour les applications à faible température en-dessous de 50 °C).

Le degré de précision du calcul dépend du degré de définition des paramètres du système.

L'équation de base donnée en (1) peut être réduite à la forme suivante pour les tuyaux et les tubes lorsque seuls les paramètres de conduction sont pris en compte et que seule la couche d'isolation thermique est présente:

$$q = \frac{2\pi k (T_p - T_a)}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \quad (2)$$

Les pertes de chaleur de la cuve nécessitent souvent une analyse plus complexe afin de déterminer la déperdition totale. Il convient que le fournisseur des résistances de traçage soit consulté.

Pour faciliter la sélection des produits, les fournisseurs des systèmes de traçage donnent souvent des diagrammes et des graphiques simples et/ou des programmes informatiques pour déterminer les pertes de chaleur pour les températures maintenues de différentes façons et les isolations, avec généralement un coefficient de sécurité inclus.

Les relations précédentes partent de l'hypothèse selon laquelle les densités, les volumes, les conductivités et les pertes de chaleur du système d'isolation thermique sont constants sur la plage de températures considérée. Bien que le modèle soit représentatif d'une conduite droite, il ne contient pas de dispositions pour les matériels tels que les pompes et les vannes. Les supports de tuyaux ou les matériels non isolés ou partiellement isolés exigent un débit calorifique supplémentaire pour compenser les fortes pertes de chaleur.

4.3.5 Coefficient de sécurité de conception

Dans la mesure où les calculs des pertes de chaleur fondées sur les valeurs théoriques ne tiennent pas compte des imperfections associées aux installations réelles sur site d'exploitation, il convient d'appliquer un coefficient de sécurité aux valeurs calculées. Il convient que le coefficient de sécurité soit fondé sur les exigences de l'utilisateur: cela revient normalement à augmenter les pertes de chaleur de 10 % à 25 %. Il convient qu'une évaluation plus détaillée intègre ce qui suit.

- a) dégradation de l'isolation thermique;
- b) variations de la tension d'alimentation;
- c) chute de tension du câblage d'alimentation;
- d) chute de tension de la résistance de traçage;
- e) rayonnement et convection accrus sur les applications à température élevée;
- f) qualité de l'installation de l'isolation thermique.

4.3.6 Aspects concernant le réchauffage

Dans le fonctionnement de certaines installations, il peut être nécessaire de spécifier que le système de traçage par résistance électrique est capable d'élever la température d'un produit statique en un temps donné. Le temps nécessaire (en secondes) pour que le système de traçage par résistance électrique chauffe dans le cas de tuyauteries peut être calculé avec l'équation suivante.

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_i - T_a)}{q_c - U(T_f - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_f}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \quad (3)$$

où

U est la perte de chaleur par unité de longueur du tuyau par degré de différence de température:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right)}{2\pi K_1} + \frac{\ln \left(\frac{D_3}{D_2} \right)}{2\pi K_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (4)$$

H est la constante de temps thermique qui est l'énergie totale stockée dans la masse du tuyau, le fluide et l'isolation par degré de température divisée par la perte de chaleur par unité de longueur par degré de différence de température comme suit:

$$H = \frac{P_1 C_{p1} V_{c1} + P_2 C_{p2} V_{c2} + 0,5 P_3 C_{p3} V_{c3}}{U} \quad (5)$$

où

P_1 est la densité du produit dans le tuyau (kg/m³);

C_{p1} est la chaleur spécifique du produit (J/kgK);

V_{c1} est le volume interne du tuyau (m³/m);

- P_2 est la densité du tuyau (kg/m^3);
 C_{p2} est la chaleur spécifique du tuyau (J/kgK);
 V_{c2} est le volume de la paroi du tuyau (m^3/m);
 P_3 est la densité de l'isolation (kg/m^3);
 C_{p3} est la chaleur spécifique de l'isolation (J/kgK);
 V_{c3} est le volume de la paroi de l'isolation (m^3/m);
 T_i est la température initiale du tuyau ($^{\circ}\text{C}$);
 T_f est la température initiale du fluide et du tuyau ($^{\circ}\text{C}$);
 T_a est la température ambiante de l'air ($^{\circ}\text{C}$);
 T_p est la température de maintien désirée ($^{\circ}\text{C}$);
 t est le temps de réchauffage désiré en secondes (s);
 U est la déperdition de chaleur par unité de longueur du tuyau par degré de température (W/mK);
 H est la constante de temps thermique en secondes (s);
 T_{sc} est la température à laquelle le changement de phase intervient ($^{\circ}\text{C}$);
 h_f est la chaleur de fusion latente du produit (J/kg);
 q_c est la puissance de sortie des résistances de traçage (W/m).

Il peut être nécessaire d'évaluer l'exigence calorifique séparément pour un changement de phase dans les applications de réchauffage.

4.3.7 Sélection de la résistance de traçage

4.3.7.1 Généralités

Les critères de sélection fondamentaux des résistances de traçage doivent inclure ce qui suit.

- La température de tenue maximale des résistances de traçage doit être supérieure à la température maximale possible de la pièce à traiter (qui peut être supérieure à la température normale de fonctionnement).
- Les résistances de traçage doivent être adaptées au fonctionnement dans les conditions environnementales spécifiées, par exemple, une atmosphère corrosive ou une faible température ambiante.
- Les résistances de traçage doivent satisfaire aux exigences de la CEI 62395-1 pour utilisation dans l'application particulière.

Les résistances de traçage fabriquées sur site sont admissibles sous réserve que

- le personnel chargé de l'installation soit compétent dans les techniques spécifiques requises;
- les résistances de traçage passent avec succès les essais sur le terrain (site d'exploitation) spécifiés;
- les résistances de traçage soient marquées conformément aux exigences de la CEI 62395-1.

Il est nécessaire de déterminer la densité de puissance maximale admissible pour chaque conception de circuit de telle manière que les limites de température ne soient pas dépassées. Ceci est normalement déterminé par des équations théoriques et ensuite ajusté selon les besoins sur la base des données empiriques du fournisseur de système de traçage par résistance électrique. La valeur limite de la densité de puissance maximale admissible pour chaque résistance de traçage est soit la valeur choisie dans les données du fournisseur soit celle spécifiée pour le système, en choisissant celle des deux qui est la plus faible. La densité de puissance peut être réduite si nécessaire par l'utilisation de traçages multiples.

Il convient que la charge réelle installée ne soit pas inférieure à la charge de conception et que la densité de puissance réelle ne soit supérieure à celle obtenue ci-dessus. Il est possible qu'un traçage multiple ou une installation en spirale d'une résistance de traçage unique soit nécessaire. Il convient que le type de résistance de traçage et les valeurs de charge installée et de densité de puissance soient consignés dans la documentation du système.

4.3.7.2 Types spécifiques de systèmes de chauffage par traçage

Les résistances de traçage sont généralement définies par leurs caractéristiques électriques.

Les résistances de traçage en série utilisent normalement le conducteur électrique comme élément chauffant de telle manière que l'alimentation en tension et la longueur du circuit deviennent des paramètres critiques dans la conception de chaque circuit. Les résistances de traçage en série à isolation polymère sont particulièrement adaptées aux installations avec des circuits de grande longueur. Les résistances de traçage en série à isolation minérale (MI) et à gaines métalliques sont particulièrement adaptées au maintien de températures de processus très élevées et à des applications à densité de watt élevée.

Les résistances de traçage en parallèle sont normalement constituées de deux conducteurs parallèles avec un élément chauffant métallique ou polymère séparé alimentés par les conducteurs. Leur utilisation caractéristique est la protection contre le gel et le maintien de la température des installations de tuyauteries complexes. Le type à puissance constante possède normalement un élément chauffant métallique enroulé en spirale. Le type à coefficient de température positif (PTC en anglais *positive temperature coefficient*, voir 4.3.7.4) est normalement constitué d'un élément chauffant en polymère extrudé entre deux conducteurs. Le type de limitation de puissance se situe entre les deux types précédents, avec une puissance de sortie plus élevée à des températures de fonctionnement plus élevées que le type PTC et avec des températures maximales plus faibles que le type à puissance constante.

4.3.7.3 Sélection des résistances de traçage

Lors de la sélection des résistances de traçage, il convient que l'objectif soit la réduction des coûts globaux d'installation tout en assurant la fiabilité et la maintenabilité globales du système. Il est important de définir en premier lieu les caractéristiques des différentes applications.

- Les systèmes de tuyauteries complexes se composent de sections de tuyaux relativement courtes avec des tés fréquents ainsi que des vannes et des pompes en ligne qui nécessitent aussi un chauffage par traçage. Bien qu'il y ait des variations en fonction des exigences de commande, la longueur moyenne de circuit est normalement inférieure à 30 m.
- Les systèmes de tuyauteries d'interconnexion sont ceux qui relient différentes zones d'une installation industrielle et qui sont généralement bien plus longs que les tuyauteries complexes. Les longueurs peuvent aller jusqu'à 1 500 m et possèdent peu de matériels en ligne ou de cheminements d'écoulement terminaux.
- Les conduites de transfert de produits se trouvent dans les applications telles que les conduites de déchargement de barges et les parcs de stockage.

4.3.7.4 Performances des résistances de traçage et conditions d'équilibre

La Figure 3 représente des exemples de courbes de puissance de sortie pour une résistance de traçage à puissance constante et pour deux résistances de traçage PTC avec différentes caractéristiques de courbe. Cette figure indique aussi les pertes de chaleur à travers l'isolation thermique pour une température ambiante donnée (dans cet exemple -20°C) et la manière dont ces déperditions augmentent lorsque la température de la pièce à traiter augmente. Dans ce cas, les pertes de chaleur à la température de maintien désirée de 10°C sont de 15 W/m . La figure indique que la résistance de traçage doit fournir au minimum 15 W/m quel que soit le type de résistance choisi.

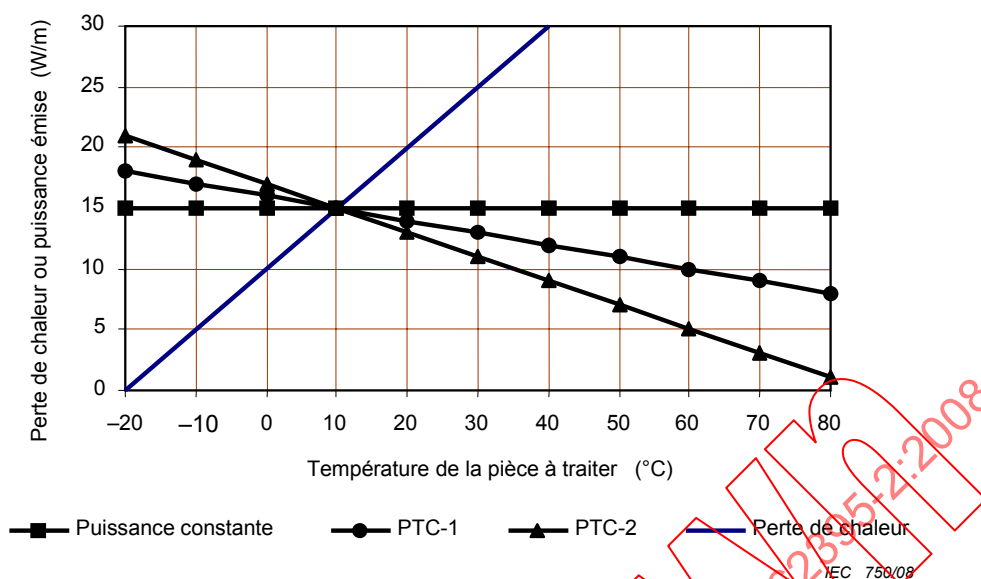


Figure 3 – Conditions d'équilibre pour la maintenance de la pièce à traiter

La Figure 4 représente le même exemple mais du point de vue de l'évaluation des limites supérieures. La ligne des pertes de chaleur est maintenant tracée pour la température ambiante la plus élevée (dans ce cas 40 °C). Les niveaux de puissance de sortie des résistances de traçage ont également été augmentés pour illustrer la tolérance maximale de sortie. Les points d'intersection (là où la perte de chaleur est égale à l'apport calorifique) indiquent la température la plus élevée possible pour la pièce à traiter et les puissances de sortie dans ces conditions. Par exemple, la température maximale potentielle de la pièce à traiter pour la résistance de traçage à puissance constante est de 73 °C et la perte de chaleur et le niveau de puissance de sortie maximal potentiel s'équilibrent à 17 W/m. PTC-1 et PTC-2 indiquent tous les deux des températures maximales de la pièce à traiter légèrement inférieures en raison de la pente décroissante des courbes de sortie. Le PTC-2 indique une température maximale potentielle de la pièce à traiter de 56 °C et la perte de chaleur et le niveau de puissance de sortie maximal potentiel de la résistance de traçage s'équilibrent à 8 W/m. Cette approche peut être utilisée pour l'évaluation des conditions de fonctionnement de limite supérieure pour l'approche de conception stabilisée.

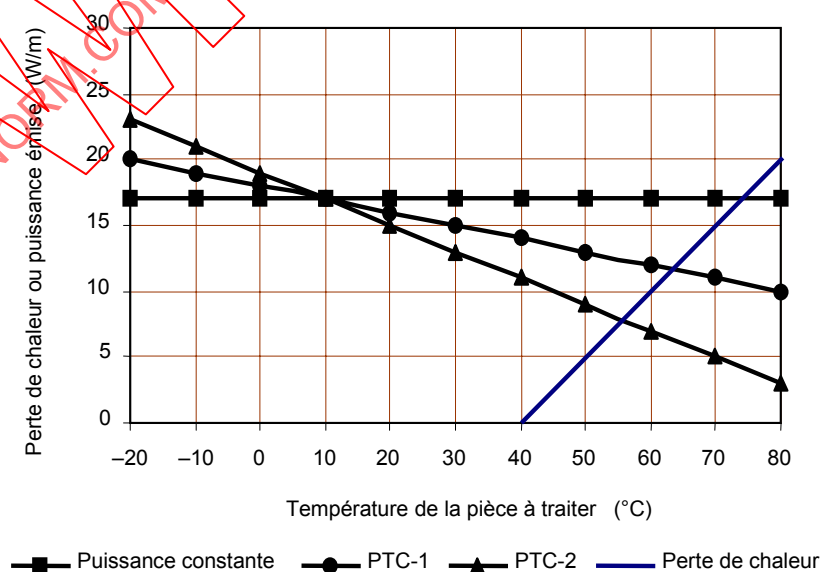


Figure 4 – Conditions d'équilibre pour l'évaluation des limites supérieures

Les niveaux des puissances de sortie des résistances de traçage sont normalement donnés par les fournisseurs dans les documents concernant le produit et/ou dans un programme de conception. Dans la plupart des cas, les courbes de puissance de sortie pour les types de résistances de traçage PTC sont définies à partir de données empiriques provenant des dispositifs similaires à ceux de 5.2.9 dans la CEI 62395-1 (2006).

4.3.8 Calculs de conception

4.3.8.1 Généralités

Il convient que les caractéristiques suivantes de conception d'un système de résistances de traçage soient vérifiées pour satisfaire aux exigences spécifiées.

- a) La puissance de sortie des résistances de traçage doit être supérieure aux pertes de chaleur du système, coefficient de sécurité compris. Ceci peut être obtenu en installant une résistance de traçage unique avec une puissance de sortie adaptée, en utilisant plusieurs passages ou en enroulements en spirales si nécessaire pour conserver le niveau de puissance de sortie le plus bas possible.
- b) Il convient que les variations potentielles de la tension d'alimentation et des autres paramètres du système soient déterminées et compensées par le coefficient de sécurité.
- c) Les caractéristiques de limite supérieure du système (par exemple, ampérage, températures de la résistance de traçage et de la pièce à traiter) doivent être évaluées pour les applications dans lesquelles la précision de la température du processus est critique, qui ont une large plage de températures ambiantes, qui n'ont pas de régulateur de température ou qui utilisent un contrôle par mesure de la température ambiante.

4.3.8.2 Conception stabilisée

La conception stabilisée est fondée sur le principe de la détermination des températures maximales de surface de la pièce à traiter et des résistances de traçage dans les conditions du cas le plus défavorable. Il s'agit d'un calcul des conditions d'équilibre qui apparaissent lorsque l'apport de chaleur est égal à la perte de chaleur du système. On peut donner les conditions suivantes pour illustrer les cas les plus défavorables:

- a) température ambiante maximale, normalement 40 °C sauf spécification contraire;
- b) pas de mouvement d'air (air calme);
- c) utilisation d'une valeur modérée ou minimale pour la conductivité thermique de l'isolation thermique;
- d) pas de température de commande par conception ou pour simuler un dispositif de commande de température défaillant;
- e) la résistance de traçage fonctionne sous sa tension de service indiquée plus 10 %;
- f) La résistance de charge est considérée fonctionner à la limite supérieure de la tolérance de fabrication ou à la résistance spécifique minimale pour les résistances de charge en série.

Cet ensemble de circonstances est illustré à l'aide d'un graphique à la Figure 4. Les essais de la conception stabilisée sont définis en 5.2.11.2 de la CEI 62395-1 (2006). Normalement, la température maximale en surface de la résistance de traçage est calculée à partir d'équations provenant de l'évaluation de données empiriques ou par l'approche théorique décrite ci-dessous. De nombreux fournisseurs de résistances de traçage possèdent des programmes de conception qui calculent la température maximale de surface à partir des paramètres du cas le plus défavorable.

4.3.9 Calculs de la température théorique de la gaine – Applications utilisant des tuyaux métalliques

La température maximale possible pour le tuyau est calculée à la température ambiante maximale en alimentant la résistance de traçage de manière continue. La formule de calcul

de la température maximale potentielle du tuyau correspond à un réaménagement des termes de la formule pour les pertes de chaleur:

$$T_{pc} = \frac{Q_{sf}}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2k} + \frac{1}{D_2 h_{co}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \quad (6)$$

où

T_{pc} est la température maximale calculée du tuyau (°C);

NOTE La température maximale du tuyau de processus peut dépasser la valeur calculée.

Q_{sf} est la puissance de sortie de tolérance supérieure des résistances de traçage (W/m);

k est la conductivité thermique de l'isolation à sa température moyenne (W/mK).

D'autres termes sont définis dans les équations précédentes. Des techniques itératives peuvent devoir être appliquées au calcul de l'équation (6) pour arriver à T_{pc} dans la mesure où la conductivité thermique de l'isolation et la puissance de sortie de la résistance de traçage peuvent dépendre de la température des tuyaux.

La température de la gaine de la résistance de traçage peut être calculée comme suit.

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{UC} + T_{pc} \quad (7)$$

où

T_{sh} est la température de la gaine de la résistance de traçage (°C);

C est la circonférence de la résistance de traçage (m);

U est le coefficient global de transfert de la chaleur (W/m²K).

Le coefficient de transfert de chaleur global est différent pour chaque type de résistance de traçage, de méthode d'installation et de configuration de système. Il s'agit d'une combinaison de modes de transfert de la chaleur par conduction, par convection et par rayonnement. La valeur de U peut varier de 12 W/m²K pour une résistance de traçage cylindrique dans l'air (essentiellement convective), à 170 W/m²K ou plus pour une résistance de traçage appliquée en utilisant des dispositifs d'aide pour le transfert de la chaleur (essentiellement conductive). Sur demande, il convient que le fournisseur de résistances de traçage donne le facteur U pour des applications données ou des températures de gaine calculées ou déterminées de manière expérimentale.

Il convient que la puissance de sortie réelle de la résistance de traçage ne dépasse pas la puissance de sortie de tolérance supérieure indiquée et que la température de fonctionnement de la gaine ne dépasse pas la température de gaine maximale calculée.

4.3.10 Calculs de la température théorique de la gaine – Applications utilisant des tuyaux non-métalliques

Pour les applications de tuyaux non métalliques, il convient que la résistance thermique de la paroi du tuyau soit prise en compte dans la mesure où le tuyau non métallique constitue un support médiocre pour le transfert de la chaleur. Ces matériaux peuvent avoir une conductivité thermique (facteur k) 1/200 de celle de l'acier et une différence substantielle de température peut se développer à travers le tuyau ou le réservoir en fonction de la densité de puissance de la résistance de traçage. Cette valeur supérieure à la température normale (comparée aux traçages des tuyaux et des cuves métalliques) peut avoir les deux effets négatifs suivants.

- a) la température maximale admissible pour les tuyaux non-métalliques peut être dépassée;
- b) la température maximale admissible de la gaine de la résistance de traçage peut être dépassée.

La température de la gaine de la résistance de traçage dans les conditions normales de fonctionnement est obtenue en principe à partir de l'équation (7). Toutefois, pour obtenir U , il convient d'inclure l'effet de la résistance thermique du tuyau. Le coefficient global de transfert de chaleur pour les tuyaux plastiques est le suivant

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad (8)$$

où

- U_p est le coefficient de transfert de chaleur global pour un tuyau non-métallique (W/m^2K);
- U_m est le coefficient de transfert de chaleur global pour un tuyau métallique (W/m^2K);
- L est l'épaisseur de la paroi du tuyau en mètres (m);
- k_p est la conductivité thermique du matériau constituant la paroi du tuyau (W/mK).

Compte tenu de la résistance thermique supplémentaire de la paroi non métallique du tuyau, une différence de température existe à travers la paroi du tuyau; cela signifie que la température du tuyau extérieur et celle du fluide ne sont pas les mêmes que celles dans le cas du tuyau métallique. C'est la raison pour laquelle il convient d'examiner la température du fluide.

Pour le tuyau non métallique,

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{U_p C} + T_f \quad (9)$$

où

- Q_{sf} est la puissance de sortie de tolérance supérieure des résistances de traçage (W/m);
- T_f est la température du fluide ($^{\circ}C$).

L'équation (9) est une simplification minimale d'un problème complexe qui met en jeu des critères sortant du domaine d'application de la présente spécification technique. Il convient que le fournisseur individuel de résistances de traçage donne des informations de conception concernant la température de la gaine pour des applications spécifiques.

Il convient que la puissance de sortie réelle de la résistance de traçage ne dépasse pas la puissance de sortie de tolérance supérieure indiquée et que la température de fonctionnement de la gaine ne dépasse pas la température de gaine maximale calculée.

4.3.11 Documentation de conception

Il convient que les circuits des résistances de traçage représentés sur un schéma indiquent leur emplacement physique, leur configuration ainsi que les données correspondantes et les systèmes de tuyauteries associés. Il convient que le schéma et/ou les données de conception donnent les informations suivantes:

- a) désignation du système de tuyauteries et de cuves;
- b) taille des tuyaux, dimensions des cuves et type des matériaux;
- c) emplacement des tuyaux ou des cuves et/ou numéro (d'identification) de conduite;
- d) désignation de la résistance de traçage ou numéro de circuit;

- e) emplacement du raccordement de puissance, des embouts d'étanchéité et des capteurs de température selon ce qui applicable;
- f) numéro de résistance de traçage;
- g) données de conception comme:
 - 1) température à maintenir;
 - 2) température maximale de processus;
 - 3) température ambiante minimale;
 - 4) température maximale d'exposition (si applicable);
 - 5) température maximale de la gaine;
 - 6) paramètres d'échauffement (si exigés);
 - 7) longueur des tuyauteries;
 - 8) rapport de traçage de résistance de traçage par longueur de tuyau;
 - 9) longueur supplémentaire de résistance de traçage appliquée aux vannes, aux supports de tuyaux et aux autres dissipateurs thermiques;
 - 10) longueur de la résistance de traçage;
 - 11) tension de service;
 - 12) watts par unité de longueur de résistance de traçage à la température de maintien désirée;
 - 13) pertes de chaleur à la température de maintien désirée par unité de longueur du tuyau;
 - 14) watts, total;
 - 15) courant du circuit, état de démarrage et état permanent;
 - 16) type d'isolation thermique, taille nominale, épaisseur et facteur k ;
 - 17) nomenclature des matériaux.

Il convient que le schéma indique aussi le numéro ou la désignation du tableau de distribution électrique, la désignation du matériel d'alarme et de commande et les points de réglage.

4.3.12 Démarrage à températures ambiantes faibles

Lorsque les systèmes de traçage par résistance électrique sont démarrés à des températures ambiantes très faibles, il peut y avoir des chocs de courant initiaux pouvant causer un déclenchement inapproprié des dispositifs de protection contre les surintensités. Il convient que les caractéristiques assignées et physiques des dispositifs de protection contre les surintensités soient adaptées aux systèmes de traçage par résistance électrique en présence de conditions de démarrage à faible température ambiante. Il convient de faire référence aux instructions du fournisseur de système de traçage par résistance électrique pour les informations détaillées et les recommandations concernant ces cas particuliers.

4.3.13 Circuits de résistances de traçage de grande longueur

Les résistances de traçage parallèles présentent une variation de puissance de sortie qui se réduit progressivement en parcourant le circuit.

La densité de puissance à l'extrémité du circuit est inférieure à la valeur nominale due à la chute de tension dans les conducteurs. La longueur du circuit doit donc être évaluée de telle manière que les performances du circuit chauffant ne soient pas compromises.

Inversement, au début du circuit, la résistance produit une densité de puissance qui est supérieure à la valeur nominale. Ceci est dû à l'effet thermique de la résistance qui est complété par la chaleur produite à l'intérieur des conducteurs. De nouveau, la longueur du circuit doit être évaluée de telle manière que les températures limites ne soient pas dépassées.

Il convient de tenir compte de cette variation de la puissance de sortie sur la longueur de la résistance de traçage pour la détermination de l'emplacement des capteurs de température.

4.3.14 Effet de cheminée

Des sections de tuyauteries verticales de grande longueur dans lesquelles un contrôle précis de la température est nécessaire peuvent nécessiter deux, voire davantage de circuits de régulation. En raison de la convection, une différence importante de température peut apparaître entre le bas et le haut de la section verticale. La longueur maximale du circuit de régulation d'une section verticale de grande longueur dépend de la tolérance pour la température à maintenir et des caractéristiques des fluides à l'intérieur du tuyau. Le fournisseur de système de traçage par résistance électrique donne des informations de conception spécifiques pour ces situations.

4.4 Conception électrique

Le système électrique doit être conforme aux codes internationaux, nationaux et locaux applicables en plus de sa conformité aux exigences de la présente Spécification technique. En plus du dimensionnement correct des exigences de puissance électrique et du matériel de distribution, il convient d'accorder toute l'attention nécessaire à la protection du circuit de branchement. Il convient de tenir compte des courants de démarrage des dispositifs de chauffage et de leur durée à la température minimale de démarrage.

Chaque circuit de branchement de résistance de traçage ou chaque résistance de traçage doit posséder une protection de circuit capable d'interrompre les courants de défaut à impédance élevée ainsi que les défauts de court-circuit. Ceci peut être obtenu avec un dispositif de protection contre les défauts à la terre ayant une caractéristique nominale de déclenchement de 30 mA ou avec un dispositif de contrôle avec capacité d'interruption de défaut à la terre pour utilisation conjointement à la protection appropriée contre les surintensités de circuit. Pour les circuits de courant de fuite élevés, le niveau de déclenchement pour les dispositifs réglables est normalement de 30 mA au-dessus de toute caractéristique de fuite capacitive inhérente de la résistance de traçage ou tel que spécifié par le fournisseur des systèmes de traçage par résistance électrique. Lorsque les conditions de maintenance et de surveillance assurent que seules des personnes qualifiées travailleront sur les systèmes installés et qu'un fonctionnement permanent des circuits se révèle nécessaire pour le fonctionnement en sécurité de l'équipement ou des processus, la détection de défauts à la terre sans interruption est admise si une alarme est prévue de façon à assurer une réponse par acquittement.

Lorsqu'un conduit est utilisé pour les connexions électriques, il est recommandé d'avoir un tuyau d'évacuation de point bas dans le conduit menant à la boîte de connexion.

Un marquage permanent et une identification doivent être définis puis installés comme spécifié en 4.7.10.

4.5 Conception du système de régulation et de surveillance

4.5.1 Généralités

Les systèmes de régulation et de surveillance doivent satisfaire aux exigences minimales pour l'application, conformément au niveau du processus et à la précision de la température du processus comme cela est défini en 4.2.3.

Il convient que le matériel de régulation et de surveillance assurent que toute température limite-élevée quelle qu'elle soit ne soit pas dépassée. Il peut aussi assurer l'isolation nécessaire et la surveillance des conditions de défaut, la protection contre les surintensités et la protection contre les courants résiduels si cela est exigé. Il est essentiel que l'intégration du système de traçage par résistance électrique aux exigences opérationnelles et de sécurité de l'installation, telles qu'elles sont définies par le concepteur du système, soit mise en œuvre complètement.

Il convient que le système de régulation ouvre le circuit si un dysfonctionnement apparaît dans le capteur ou dans le dispositif de régulation. La commande peut être assurée dans certains cas en détectant des paramètres autres que la température comme le courant électrique par exemple. La CEI 62395-1 (2006) donne en 4.4 des exigences spécifiques pour les conceptions avec régulation.

4.5.2 Régulateurs mécaniques

Les régulateurs mécaniques comme les thermostats utilisent deux principes alternatifs: un élément bimétallique ou la dilatation d'un fluide confiné dans un réservoir ou un réservoir et un tube capillaire. Les variations de température causent un déplacement de position qui déclenche les contacts électriques et leur fait ouvrir ou fermer le circuit.

Les régulateurs mécaniques sont robustes; toutefois, le capteur court empêche le montage de panneau à distance et l'étalonnage sur site est peu aisé.

Le choix du régulateur mécanique doit tenir compte des caractéristiques assignées maximale et minimale de température du capteur et de ses composants, de toute condition corrosive et de la sensibilité de position à laquelle il peut être soumis.

4.5.3 Régulateurs électroniques

Les capteurs des régulateurs électroniques comprennent normalement des détecteurs de température de résistance (RTD), des thermomètres à résistance de platine (PRT), des thermistances, des thermocouples (T/C) ou d'autres dispositifs de détection de la température. Les régulateurs peuvent être situés à plusieurs centaines de mètres du capteur et sont souvent situés dans le tableau de commande et de distribution dans un souci de facilité pour l'opérateur et l'accès de maintenance.

Ces régulateurs traitent électroniquement le signal du capteur pour commuter un relais électromécanique ou un dispositif à semi-conducteurs pour une régulation par tout ou rien ou progressive.

4.5.4 Bonne adaptation à l'application

Les systèmes de protection contre le gel qui possèdent le Type I de commande peuvent nécessiter uniquement un commutateur marche/arrêt avec voyant lumineux ou un thermostat mécanique de détection des conditions ambiantes contrôlant plusieurs circuits de résistances de traçage. Pour un rendement énergétique et une précision améliorés pour les commandes de types II et III, un système de régulation de la température détectant la température de la pièce à traiter peut être envisagé.

La plupart des applications de température de processus sont considérées comme des commandes de Type II ou III qui exigent une détection de la température du tuyau; elles sont normalement prévues avec au moins un thermostat mécanique.

Pour les applications critiques et/ou lorsque les températures doivent être régulées dans une bande étroite (Type III), des fonctions d'alarme comme l'annonce d'une température de processus élevée et faible et la défaillance du circuit de traçage peuvent être exigées. Lorsque les spécifications l'exigent, il convient d'utiliser des dispositifs de régulation électroniques. Les systèmes sont souvent équipés d'alarmes de continuité, de défaut à la terre et de diagnostic système et d'une coupure pour température à limite-haute. En fonction des exigences du système, des signaux de limite-haute peuvent être configurés pour déclencher une alarme et/ou le dispositif de protection du circuit.

Des approches de commande de Type III sont recommandées pour les systèmes pulvérisateurs de lutte contre les incendies et les douches de sécurité avec système de signalisation d'alarme lorsque la protection du circuit contre le défaut à la terre interrompt le circuit. Des alarmes basse température sont exigées pour les conduites des pulvérisateurs.

Pour les exigences complémentaires, voir les règlements locaux et nationaux (par exemple alarme de limite élevée pour douches de sécurité).

Voir le Tableau 2 pour les recommandations de régulation et de surveillance de Types II et III.

**Tableau 2 – Recommandations pour la surveillance et la commande –
Commandes Types II et III**

Type	Commande			Surveillance				
	Ambiante	Détection de conduite		Basse température	Haute température	Défaut à la terre	Tension d'alimentation des résistances de traçage	Courant élevé/faible
		Mécanique	Electronique					
Type II								
Eau potable ≤150 mm	R	—	—	—	—	—	—	—
Eau potable >150 mm	—	R	—	—	—	—	—	—
Tuyau d'évacuation	R	—	—	—	—	—	—	—
Eau chaude	—	—	—	—	—	—	R	—
Graisse	—	M	—	—	—	—	—	—
Mazout	—	M	—	—	—	—	—	—
Type III								
Douches de sécurité	—	M	R	R	M	—	R	—
Pulvérisateurs incendie	M	—	M ^a	M	—	M ^b	M	M
M = minimum exigé R = Recommandé								
a Il convient que le régulateur soit d'un type qui surveille son fonctionnement et les alarmes en cas de défaillance des fonctions système. Il convient que la valeur de sortie de l'alarme soit d'un type qui change d'état en cas d'alarme ou de perte de la tension d'alimentation. La valeur de sortie de l'alarme doit être connectée à un système d'alarme de détection d'incendie. b Il convient que le moniteur de défaut de terre émette une alarme.								

4.5.5 Emplacement des régulateurs

Les régulateurs électroniques sont souvent regroupés dans une armoire commune. Dans la mesure du possible, il est recommandé que les régulateurs de température soient situés pour permettre un accès libre et facile pratique pour les opérations de maintenance et d'étalonnage.

4.5.6 Emplacement des capteurs

Il convient de tenir compte des points suivants pour déterminer l'emplacement des capteurs.

- Le nombre et l'emplacement des capteurs est déterminé par les exigences des critères de conception. Il convient que les détecteurs soient placés aux points qui sont représentatifs de la température à maintenir.
- Lorsque plusieurs résistances de traçage se rencontrent ou se rejoignent, il convient que les capteurs soient montés entre 1 m à 1,5 m de la jonction.
- Si un circuit de traçage comporte à la fois des tuyauteries et des dissipateurs thermiques ou des sources de chaleur en ligne, il convient que le capteur soit situé sur une partie du tuyau du système à environ 1 m, 1,5 m des dissipateurs ou des sources de chaleur en ligne.
- Lorsqu'un circuit de chauffage de conduite traverse des zones présentant des températures ambiantes différentes (par exemple à l'intérieur et à l'extérieur d'un bâtiment

chauffé), deux capteurs et des dispositifs de régulation associés peuvent être exigés pour réguler correctement les températures de la conduite.

- e) Dans les systèmes de tuyauteries complexes, il convient que les schémas d'écoulement des matériaux soient évalués pour toutes les circonstances possibles avant de choisir l'emplacement du capteur. Des informations détaillées sur cette évaluation sont données en 4.5.9 et 4.5.10.
- f) Il convient que le capteur de température pour la régulation soit situé de manière à éviter les effets directs de la température provenant de la résistance de traçage. Il convient que le capteur soit solidement monté pour assurer un contact thermique de bonne qualité avec la pièce à traiter.
- g) La sensibilité à la température de certains matériaux de processus et de certains types de matériaux de tuyauteries peut justifier à la fois un dispositif de régulation et un dispositif de température de limite-élevée. Il convient que le capteur de régulation soit situé à au moins 90° autour de la circonférence de la résistance de traçage. Le capteur de limite-élevée est aussi normalement situé à 90° de la résistance de traçage mais il n'est pas adjacent à l'autre capteur. Il convient que le dispositif de commande de ce capteur ait un point de réglage à la température maximale admissible du matériau ou du système moins une marge de sécurité.
- h) Lorsqu'on utilise un capteur de température de limite-élevée, celui-ci peut être situé directement sur la résistance de traçage. Dans ce cas, le dispositif de commande est réglé sur la température de gaine maximale définie de la résistance de traçage moins la marge de sécurité. Le capteur peut ne pas être situé sur la résistance de traçage de manière à ne pas se comporter comme un dissipateur thermique. Dans ce cas, le point de réglage doit être inférieur à la température maximale de gaine pour compenser la différence calculée entre la température du tuyau et celle de la gaine.

4.5.7 Aspects liés aux alarmes

4.5.7.1 Généralités

La fonction principale d'un circuit d'alarme est d'avertir le personnel d'exploitation que le système de traçage par résistance électrique est susceptible de fonctionner hors de ses limites de conception et qu'il doit donc être vérifié en vue d'une éventuelle action corrective. Le type et la fonction des différents systèmes d'alarme dépendent des exigences du système (voir 4.2.3). Tout ou partie des alarmes peut être incorporé dans les matériels d'acquisition de données. Les caractéristiques des dispositifs les plus communs sont données de 4.5.7.2 à 4.5.7.4.

4.5.7.2 Alarme du circuit de traçage

Une alarme de circuit de traçage est utilisée pour détecter la perte de courant, de tension ou de continuité du circuit de traçage et elle inclut (sans que la liste soit limitative) les dispositifs suivants:

- a) un dispositif de détection du courant qui surveille le courant de la résistance de traçage et déclenche une alarme si celui-ci chute en dessous d'une valeur minimale pré-réglée alors que l'interrupteur thermostatique se ferme;
- b) un dispositif sensible à la tension qui surveille la tension à l'extrémité de la résistance de traçage (généralement un câble de chauffage de type parallèle) ou qui surveille la tension sur un fil de retour;
- c) des dispositifs de détection de la résistance ou de la continuité qui surveillent le circuit de traçage lorsque le système est mis hors tension. Généralement, un signal ou une impulsion à basse tension est émise dans la résistance de traçage et est surveillé(e).

4.5.7.3 Alarmes de température

Les alarmes de haute et basse température sont souvent incorporées au dispositif de commande de la température ou montées en tant qu'élément séparé et elles ont les fonctions suivantes.

- a) Alarme basse température: elle indique que la température du système de traçage par résistance électrique d'une tuyauterie ou d'une cuve a chuté en dessous d'une valeur minimale pré-réglée et que le refroidissement qui en découle peut se situer en dessous des critères d'exploitation acceptables prévus à la conception.
- b) Alarme haute température: elle indique que la température du système de traçage par résistance électrique d'une tuyauterie ou d'une cuve dépasse une valeur maximale pré-réglée et que le réchauffement qui en découle peut se situer au-delà des critères d'exploitation acceptables prévus à la conception.

4.5.7.4 Autres alarmes

D'autres alarmes possibles englobent (sans que la liste soit limitative) les dispositifs suivants.

- a) Alarme à contact auxiliaire: l'alarme est utilisée pour indiquer à quel moment un interrupteur auxiliaire est fermé et à quel moment la puissance est fournie au circuit de traçage. Elle fournit des informations à l'opérateur confirmant le fonctionnement correct du contacteur mais n'assure pas le fonctionnement correct du circuit de traçage si un contacteur secondaire est ouvert ou si la résistance de traçage a perdu la continuité.
- b) Dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel: il s'agit de dispositifs qui ont une valeur nominale de tension alternative de service de 120/240 V et un seul niveau de courant de déclenchement et qui sont aussi disponibles avec des contacts d'alarme. Ces dispositifs surveillent le courant de fuite à la terre du circuit électrique. Si le total dépasse le courant de déclenchement du dispositif choisi, ce dispositif se déclenchera en indiquant une défaillance et une interruption de la puissance vers le circuit. De plus, ces dispositifs de surveillance sont disponibles avec une fonction d'alarme seulement.
- c) Alarme déclenchée par un commutateur: l'alarme est généralement initiée par un contact d'alarme auxiliaire sur le dispositif de commande de la température.
- d) Appareil détecteur de courant: l'appareil se compose d'un commutateur de dérivation du régulateur de température et d'un ampèremètre, ou de relais et d'alarmes sensibles au courant.
- e) Alarme de diagnostic: cette alarme est initiée par un circuit de diagnostic à l'intérieur du régulateur électronique signalant une défaillance d'une régulation interne ou d'un circuit logique de traitement des données.

4.5.8 Régulation intégrée

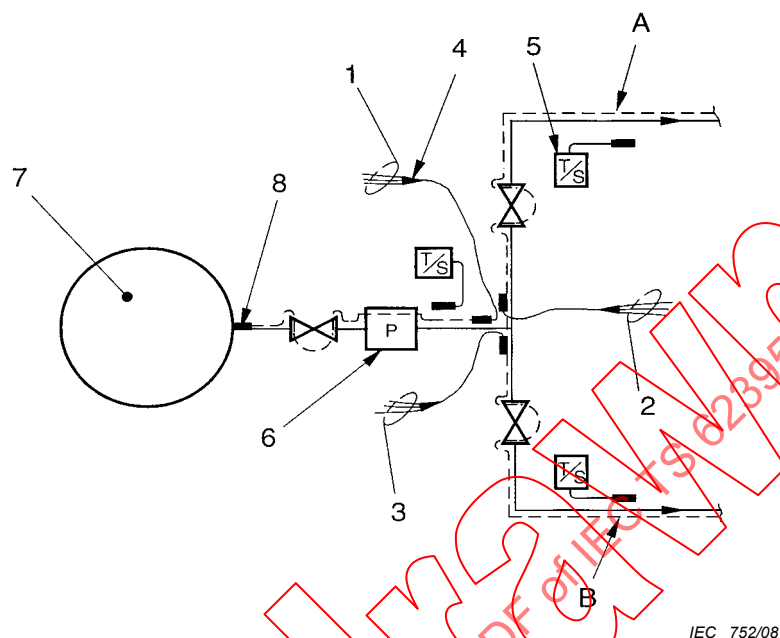
Les circuits de régulation et d'alarme du système de traçage peuvent devoir être intégrés avec un système de commande et de surveillance centralisé (maître). Il convient d'accorder une attention particulière à la sélection des matériels qui sont compatibles à la fois pour les fonctions de régulation et celles de surveillance pour assurer un transfert de données correct et fiable.

4.5.9 Analyse du modèle de circulation

Lorsqu'une régulation de température critique est exigée, il convient que toutes les conditions de circulation possibles dans le réseau de tuyauterie soient prises en compte pour déterminer les segments du circuit de traçage. Ceci est illustré par l'exemple de réservoir chauffé représenté à la Figure 5. Les trois circuits de traçage avec régulateurs séparés sont nécessaires pour maintenir le système de tuyauterie à la température désirée. Lorsque le produit chauffé circule du réservoir via le tuyau A, les circuits N° 1 et N° 2 sont mis hors tension et le circuit N° 3 qui chauffe la conduite sans circulation reste sous tension. Si les trois circuits sont combinés en un seul, en utilisant seulement une commande, la conduite A ou B sans circulation est mise hors tension et chute en dessous de la température à maintenir désirée.

Une dérivation autour d'une vanne de commande est un autre cas courant lorsque des circuits complémentaires sont nécessaires comme représenté à la Figure 6.

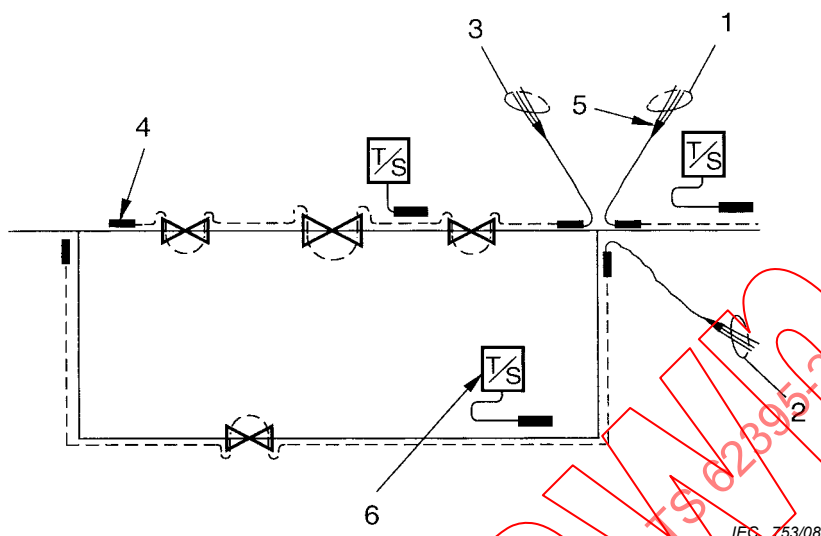
Il s'agit de deux exemples de systèmes de tuyauterie pour lesquels la conception de circuit nécessite une grande attention. Les systèmes de tronçon mort et les répartiteurs exigent aussi des dispositions soigneuses des dispositifs de traçage et de leurs dispositifs de régulation associés.



Légende

- | | | | |
|---|--------------------|---|------------------------|
| A | Tuyau A | B | Tuyau B |
| 1 | Circuit N° 1 | 5 | Capteur de température |
| 2 | Circuit N° 2 | 6 | Pompe |
| 3 | Circuit N° 3 | 7 | Réservoir chauffé |
| 4 | Extrémités froides | 8 | Extrémités chaudes |

Figure 5 – Exemple de réservoir chauffé



Légende

- | | | | |
|---|--------------|---|------------------------|
| 1 | Circuit N° 1 | 4 | Extrémités chaudes |
| 2 | Circuit N° 2 | 5 | Extrémités froides |
| 3 | Circuit N° 3 | 6 | Capteur de température |

Figure 6 – Exemple de dérivation

4.5.10 Technique de régulation de tronçon mort

Il s'agit d'une technique qui est parfois utilisée pour la régulation de la température de réseaux de tuyauteries et de systèmes de tuyaux complexes. Elle peut aussi être utilisée lorsque le nombre total de régulateurs de température doit être maintenu à un niveau minimal au détriment d'économies d'énergie et de la précision de régulation. Cette technique consiste à placer ou fabriquer une section de tuyau qui

- a) a en tout temps une condition d'écoulement statique;
- b) a la même perte de chaleur que les autres tuyauteries à réguler. Ensuite, quelles que soient les conditions d'écoulement, toutes les sections seront chauffées. Toutes les sections qui possèdent des conditions d'écoulement statiques au même moment auront la quantité correcte de chaleur nécessaire lorsque la température ambiante varie. Des sections de tuyaux qui présentent un écoulement peuvent être chauffées inutilement. Les mérites de l'approche du tronçon mort concernent principalement le compromis dans des économies d'énergie par rapport aux économies sur les frais initiaux. Il convient d'être vigilant lorsqu'on utilise cette technique avec des produits sensibles à la température.

Il convient de veiller tout d'abord à ce que la section de tronçon mort pour la régulation soit suffisamment longue pour que sa température ne soit pas affectée par l'écoulement dans la tuyauterie supplémentaire et ensuite que le capteur de température soit situé sur la portion qui est thermiquement indépendante des conditions d'écoulement.

4.6 Considérations particulières de conception

4.6.1 Généralités

Des conditions particulières de conception peuvent exister pour certaines applications. Les paragraphes 4.6.2 à 4.6.5 décrivent ces conditions possibles pour les systèmes de protection contre le gel, les systèmes pulvérisateurs de lutte incendie, les systèmes d'eau chaude et les conduites spécialisées.

4.6.2 Systèmes de protection contre le gel

Les considérations suivantes peuvent s'appliquer aux systèmes de protection contre le gel.

- a) Dans les applications dans lesquelles la résistance de traçage est située dans une buse, il convient que la température limite de la buse soit spécifiée et que le concepteur tienne compte des températures de gaine qui peuvent être plus élevées. Les résistances de traçage PTC présentent normalement une valeur de sortie inférieure dans ces conditions.
- b) Si la conservation de l'énergie fait partie des préoccupations, des régulateurs de réglage ambiants ou des régulateurs de détection pour les conduites sont recommandés pour les tailles de tuyaux relativement importantes (~150 mm et plus) et pour les emplacements qui subissent le gel ou qui approchent le point de gel pendant plusieurs semaines sans interruption.
- c) Le traçage pour les unités de lave-yeux d'urgence, les douches de sécurité et les tuyauteries d'alimentation associées doit être correctement conçu pour empêcher le gel ou pour maintenir un système d'eau tiède comme décrit en 4.6.4. Pour la sécurité du personnel, l'eau ne doit pas dépasser une température maximale définie par les codes ou les normes au niveau local (voir le Tableau 3).

4.6.3 Systèmes pulvérisateurs de lutte incendie

Il existe des systèmes pulvérisateurs de lutte incendie de type mouillé et de type sec. Le type mouillé utilise des tuyauteries remplies d'eau tandis que le type sec possède une vanne de commande qui remplit la tuyauterie terminale lorsqu'une tête de pulvérisateur ou un autre capteur est activé.

Les systèmes mouillés sont simples et fiables mais peuvent ne pas être autorisés pour les systèmes de lutte incendie dans certaines zones susceptibles de subir le gel. C'est pourquoi les systèmes dits secs sont souvent spécifiés pour les zones exposées au gel mais ces systèmes peuvent présenter des problèmes de fiabilité. En particulier, les vannes de commande peuvent fuir et causer une inondation ou le gel du système ou peuvent ne pas s'ouvrir lorsqu'elles ont été fermées pendant longtemps. En outre, l'entartrage peut engendrer une nuisance de maintenance et il convient de sécher complètement un système qui a été activé avant de le re-régler.

Les systèmes de traçage peuvent être utilisés pour protéger les systèmes mouillés dans les zones exposées de manière occasionnelle à des températures de gel et dans les zones où les systèmes à sec sont normalement utilisés. Les systèmes comportent normalement une fonction de surveillance pour le fonctionnement des résistances de traçage, un régulateur de température de sécurité et des moyens pour empêcher la surchauffe des résistances de traçage et du système de tuyauterie.

Des segments de tuyaux multiples peuvent être régulés par un seul régulateur puisque le système est dépourvu d'écoulement.

NOTE Le traçage des conduites terminales et des têtes des pulvérisateurs n'est pas couvert par le présent document.

4.6.4 Services d'eau chaude/d'eau tiède

Les températures prévues à la conception des systèmes dans le cas des systèmes d'eau chaude sont indiquées au Tableau 3. Il convient que le fournisseur de système de traçage vérifie la température de service et la température maximale du système. Si le système de tuyauteries fonctionne à des températures supérieures à 65 °C ou connaît des températures supérieures à 85 °C au démarrage, il convient que le fournisseur de système de traçage spécifie quelle est la sélection correcte de résistance de traçage.

Il convient que la résistance de traçage soit choisie et que le système soit conçu de manière à ce que les températures maximales de tenue de tous les matériaux de la tuyauterie en contact avec le système de traçage ne soient pas dépassées.

Une régulation de la température par détection sur les conduites est recommandée pour les zones dans lesquelles la variation de la température ambiante est supérieure à 3 °C là où les colonnes montantes dépassent 3 m et pour les températures à maintenir lorsqu'elles sont supérieures ou égales à 80 °C.

Tableau 3 – Recommandations pour les services d'eau chaude et les températures d'eau tiède

Application	Température °C
Douches de sécurité et lave-yeux	16 à 35
Services d'eau chaude sans vanne de mélange	40
Maisons de santé et hôpitaux	40 et 46
Usage général	49 à 60
Service de nettoyage	71
Evacuation des cuisines	82

NOTE Consulter les codes locaux en ce qui concerne les exigences de températures d'application spécifiques.

Pour désinfecter, une valeur minimale de 55 °C est normalement exigée pour les services d'eau chaude avec vannes de mélange. Il est recommandé que le système de régulation soit évalué en ce qui concerne la fiabilité, la facilité d'étalonnage, la bande de température différentielle étroite et l'indication d'alarme.

Des températures à maintenir spécifiques peuvent être exigées pour les unités lave-yeux et les douches de sécurité dans certaines applications comme les expositions chimiques dans lesquelles la température de l'eau peut accélérer la réaction. Consulter les codes locaux et nationaux pour clarification.

Il convient que l'eau tiède pour les systèmes de lave-yeux et de douches de sécurité ne dépasse pas 35 °C. Il convient de démontrer que le système est sûr sinon un régulateur de température à limite-élevée avec détection sur les conduites et alarme de limite-élevée doit être prévu. Les tuyauteries d'alimentation des lave-yeux et des douches de sécurité doivent aussi être maintenues aux températures exigées du système.

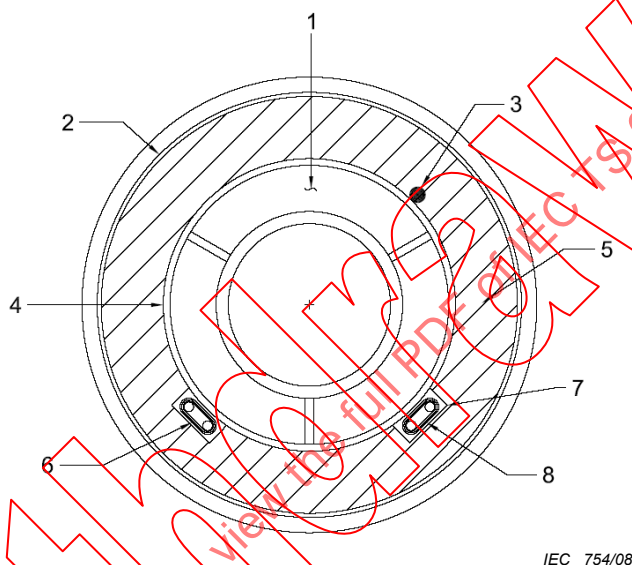
4.6.5 Conduites spécialisées

NOTE Les systèmes destinés à être utilisés dans des atmosphères explosives sont couverts par les CEI 60079-30-1 et CEI 60079-30-2.

Les considérations suivantes peuvent être applicables aux conduites spécialisées.

- Lorsque cela est nécessaire, il convient que la gaine la plus externe de la résistance de traçage résiste à l'exposition potentielle aux matériaux du système de tuyauterie.
- Lorsqu'il existe une tuyauterie à double confinement, il convient que la résistance de traçage soit appliquée sur la surface extérieure du tuyau de confinement sous l'isolation thermique.
- Lorsqu'une tuyauterie à double confinement est préfabriquée/pré-isolée, il convient qu'une buse soit prévue sur la surface extérieure du tuyau de confinement. Voir la Figure 7. Il convient que le fournisseur de système de traçage spécifie la valeur de sortie thermique et la température maximale de la gaine. Il convient d'éviter les épissures. Si elles sont nécessaires, il est recommandé de réaliser les épissures à l'intérieur d'enveloppes adaptées et de les sceller.

- d) Un régulateur de température avec détection sur les conduites et capteur à 90° de la résistance de traçage est recommandé.
- e) Pour les tuyaux pré-isolés enterrés, la perte de chaleur est basée sur la différence de température entre la température minimale du sol et la température à maintenir.
- f) Il convient de monter la résistance de traçage sur le fond de la tuyauterie ou de la galerie enfermée pour les systèmes qui dépendent du flux de gravité. Voir la Figure 8a. Un régulateur de température avec détection sur les conduites avec un capteur à 50 mm de la résistance de traçage est recommandé.
- g) Pour un système similaire avec une tuyauterie en plastique, il convient que la densité en watts de la résistance de traçage soit prise en compte. Deux résistances de traçage de puissance inférieure sont souvent utilisées à quatre et huit heures au lieu d'une résistance de traçage à six heures. Voir la Figure 8b. Il convient que le détecteur de température soit situé à six heures entre les résistances de traçage.



IEC 754/08

Légende

- | | |
|---|---|
| 1 Confinement (espace sans circulation d'air) | 5 Isolation en mousse rigide |
| 2 Barrière d'étanchéité | 6 Seconde résistance de traçage (optionnel) |
| 3 Capteur de température | 7 Buse |
| 4 Tuyauterie de confinement | 8 Résistance de traçage |

Figure 7 – Système de double confinement

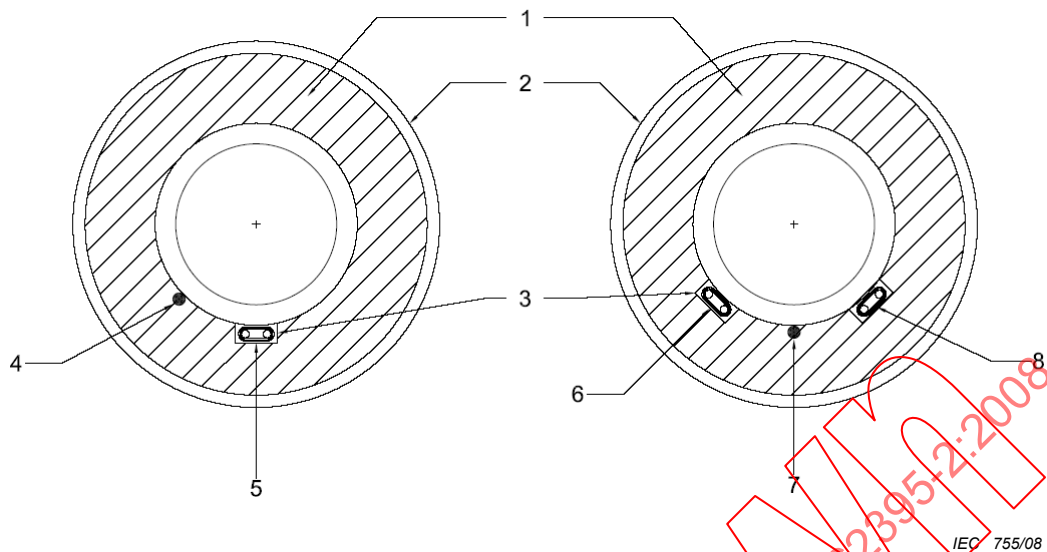


Figure 8a – Une résistance de traçage

Figure 8b – Deux résistances de traçage

Légende

- | | | | |
|---|----------------------------|---|---|
| 1 | Isolation en mousse rigide | 5 | Résistance de traçage à 6 heures |
| 2 | Gaine externe | 6 | Seconde résistance de traçage à 8 heures |
| 3 | Bus | 7 | Capteur de température |
| 4 | Capteur de température | 8 | Première résistance de traçage à 4 heures |

Figure 8 – Systèmes de tuyauteries à flux de gravité

4.7 Installation

4.7.1 Généralités

Chaque système de traçage par résistance électrique est conçu pour satisfaire aux exigences d'une application particulière. Comme le système comporte un certain nombre de composants qui sont intégrés sur le site, il est nécessaire de s'assurer que les paramètres de conception d'origine sont encore valables. Une installation correcte, des essais et une maintenance appropriés conformes aux procédures d'installation sont essentiels pour obtenir des performances et une sécurité satisfaisantes. Il convient que le fournisseur de système de traçage donne des instructions spécifiques pour les résistances de traçage et les différents types de composants du système.

Les procédures suivantes ne sont pas toutes applicables à chaque installation; consulter le fournisseur de système de traçage pour obtenir des recommandations spécifiques. Il convient que chaque aspect de l'installation soit vérifié après la réalisation.

4.7.2 Aspects touchant au personnel

Il convient que les personnes appelées à participer à l'installation et aux essais de systèmes de traçage électrique par soient formées de manière appropriée à toutes les techniques spécifiques nécessaires. Il convient que l'installation soit réalisée sous la supervision d'un électricien qualifié ayant bénéficié d'une formation supplémentaire pour les systèmes de traçage par résistance électrique. Seul le personnel spécialement formé à cet effet doit réaliser les travaux les plus critiques comme l'installation des connexions et des raccordements.

4.7.3 Travaux préparatoires

Il convient que l'installation d'un système de traçage par résistance électrique ne commence pas avant que toutes les tuyauteries et toutes les pièces des matériels n'aient été soumises à des essais de pression et que tous les instruments liés aient été installés. Il convient que la surface de la pièce à traiter sur laquelle la résistance de traçage doit être installée soit exempte de rouille, de graisse, d'huile etc. Il convient d'éliminer toute protubérance vive comme les projections de soudure et de ciment etc. Il convient que tous les revêtements ou toutes les finitions appliquées aux surfaces chauffées soient adaptés au service prévu. Il convient que l'installation du système de traçage soit coordonnée avec la pièce à traiter, l'isolation thermique et les travaux d'instrumentation pour assurer une date d'achèvement programmée. Il est recommandé de ne pas programmer l'installation de l'isolation thermique avant l'installation complète du système de traçage et l'achèvement de ses essais.

Il convient de vérifier le matériel qui doit être équipé du système de traçage pour voir si la longueur des tuyauteries, le nombre de cuves, de vannes, de brides et de composants correspondent aux schémas de conception. Si une modification est apportée au matériel à équiper, le programme d'installation des matériaux du système de traçage doit être revu et révisé si nécessaire.

A la réception des composants du système de traçage, il convient que le type correct et les quantités de matériaux soient vérifiés et documentés. En outre, il convient de vérifier la réception des instructions d'installation et du certificat de conformité ou de la déclaration de conformité de l'organisme notifié, selon ce qui est exigé.

Il convient que les résistances de traçage en série soient vérifiées pour assurer que les longueurs installées correspondent à la longueur et à la charge de conception.

Pour les résistances de traçage de circuit en parallèle, il convient que la longueur totale du circuit ne dépasse pas les recommandations du fournisseur.

Il convient que les matériaux soient stockés dans des zones protégées et sèches. Les matériaux ne doivent être délivrés que de la manière exigée sur le site de travail de manière à éviter toute manipulation inutile et tout dommage involontaire.

4.7.4 Installation préliminaire des circuits de traçage

Une liste de vérification de pré-installation comme celle présentée à l'Annexe A est recommandée; le tableau représenté indique des lignes directrices pour l'installation préliminaire. La liste suivante inclut des considérations supplémentaires.

- a) Il convient de vérifier visuellement les résistances de traçage et les connexions pré-assemblées pour vérifier qu'elles ne sont pas endommagées. Il convient de réaliser des vérifications de continuité et d'isolation comme vérification finale. Il convient de mesurer la résistance d'isolement conformément à 4.7.5.
- b) Il convient que les régulateurs individuels soient soumis aux essais pour assurer un étalonnage correct et un fonctionnement correct concernant les points de réglage, la gamme de température de fonctionnement et l'éventail des températures.

Il convient que les panneaux de contrôle fabriqués et assemblés par le vendeur comprennent une documentation certifiant que tous les câblages, toutes les configurations et toutes les fonctions sont corrects et ont subi des essais. A la réception des panneaux de commande sur le site d'exploitation, il convient de procéder à un examen général pour confirmer qu'aucun dommage n'est intervenu pendant le transit.

4.7.5 Essai de résistance d'isolement

La résistance d'isolement doit être mesurée entre les conducteurs des résistances de traçage et le revêtement métallique avec une tension d'essai de 500 V minimum en courant continu. Toutefois, il est recommandé d'utiliser des tensions d'essai plus élevées; il convient de soumettre les résistances de traçage à isolant minéral à des essais à 1 000 V en courant

continu (au maximum) et il convient que les résistances de traçage à isolant polymère soient soumises à des essais à 2 500 V en courant continu. La résistance d'isolement mesurée ne doit pas être inférieure à 20 MΩ.

4.7.6 Installation des systèmes de résistances de traçage

4.7.6.1 Généralités

Il convient que les résistances de traçage soient fixées conformément aux instructions du fournisseur de manière à éviter des dommages dus aux impacts, à l'abrasion ou aux vibrations. Un soin particulier doit être accordé aux brides, aux vannes et aux autres accessoires afin d'orienter les résistances de traçage pour éviter les dommages dus aux surfaces à arête vive ou dentelées. Il convient que l'installation contienne suffisamment de matériaux pour supporter le mouvement et les vibrations des tuyauteries et des équipements.

Il convient que l'installateur comprenne l'importance du système de traçage pour fournir un chauffage uniforme de la tuyauterie et des autres matériels en notant que les matériels qui possèdent une grande surface ou des dissipateurs thermiques nécessitent un système de traçage supplémentaire. Il convient que les résistances de traçage soient installées pour que leur contact avec la surface à chauffer soit aussi proche que possible raisonnablement. Lorsqu'un tel contact n'est pas possible, par exemple sur les vannes, un revêtement thermoconducteur adapté constitué d'une feuille métallique de température assignée ou d'un autre matériau thermoconducteur peut être utilisé.

Il convient que la résistance de traçage ne soit pas pliée, torsadée et les chevauchements, croisements ou contacts entre parties de celle-ci ne sont pas permis sauf si ceci est spécifiquement autorisé dans les instructions. Il convient d'accorder toute l'attention nécessaire au rayon minimal de pliage comme indiqué dans les instructions du fabricant.

Dans l'installation des systèmes de traçage par résistance électrique, seuls les composants certifiés peuvent être utilisés. Dans le cas contraire, la certification système ne s'appliquera pas.

4.7.6.2 Installation des résistances de traçage

Il convient que les résistances de traçage droites multiples soient régulièrement espacées autour de la circonférence du tuyau. Il convient de prévoir des longueurs supplémentaires de résistances de traçage pour compenser les pertes de chaleur supplémentaires au niveau des supports de tuyaux, des dispositifs de suspension, ancrages, etc.

Si la préférence est à donner aux cheminements droits dans un souci de facilité d'installation et de maintenance, un système de traçage en spirale peut être spécifié dans certaines situations. Il convient de réaliser un marquage de pas en spirale sur le tuyau et le matériel avant d'appliquer la résistance de traçage comme spirale uniforme en partant du point d'alimentation et en maintenant une légère tension dans la résistance de traçage au cours de sa mise en place. Il est recommandé que l'espacement ne soit pas inférieur à la valeur déclarée par le fournisseur quelles que soient les circonstances.

Il convient d'appliquer les résistances de traçage en spirale de manière à ce que les vannes etc. puissent être facilement retirées ou remplacées. Si à l'extrémité de la section à chauffer, la résistance de traçage est trop importante ou au contraire insuffisante, il convient que la pas de spiral soit raccourci ou rallongé pour conserver une spirale uniforme globalement conforme à la conception.

Il convient que les longueurs supplémentaires de résistance de traçage soient autorisées à la conception pour compenser les pertes de chaleur supplémentaires au niveau des vannes, des brides, des filtres, des pompes, etc. Il convient que ces longueurs soient appliquées conformément aux instructions du fournisseur.

Il convient que le système de traçage soit installé de telle manière qu'il puisse être retiré pour permettre le remplacement des joints et les opérations de service des matériels en ligne sans provoquer de dommages. Aux emplacements où les résistances de traçage traversent des sources potentielles de fuites, par exemple brides, il convient de les positionner de manière à minimiser leur contact avec de telles sources.

Il convient que les matériaux de fixation soient adaptés à la température maximale d'exposition et aux conditions environnementales. Pour les cheminements de traçages droits, il convient qu'ils soient placés à des intervalles ne dépassant pas 300 mm et pour les cheminements en spirale ne dépassant pas 2 000 mm. Il convient que des fixations supplémentaires soient appliquées au niveau des coudes, des brides et des autres éléments constituant des obstacles. Il convient de n'utiliser les bandes métalliques que pour fixer les résistances de traçage à gaine métallique solide aux tuyauteries et aux matériels et de ne les serrer que pour maintenir le contact avec la surface à chauffer. Un serrage excessif peut endommager la résistance de traçage.

Pour les tuyaux non métalliques, la résistance de traçage peut être recouverte de manière continue par une bande en aluminium sur toute sa longueur pour améliorer le couplage thermique avec le tuyau.

La procédure d'essai de 4.7.5 doit être réalisée sur toutes les résistances de traçage après installation.

4.7.6.3 Installation des connexions et des raccordements

Il convient que les boîtes de raccordement présentent une protection adaptée empêchant toute pénétration et qu'elles soient situées aussi près que possible du point de sortie de la résistance de traçage tout en permettant une dilatation des tuyaux. Il convient que les couvercles des boîtes de jonction ne soient jamais laissés ouverts. Il convient que les boîtes soient montées de manière à ce que les résistances de traçage ne puissent pas subir de dommages entre leur point de sortie de l'isolation et leur point d'entrée dans la boîte de raccordement. Les entrées inutilisées sur les boîtes de raccordement doivent être isolées avec des fiches adaptées.

Il convient que les kits de connexion et les connecteurs d'extrémité soient solidement fixés conformément aux instructions du fournisseur, protégés pour empêcher les dommages physiques et positionnés pour empêcher la pénétration d'eau ou d'autres contaminants qui pourraient nuire à leur utilisation et leur bonne adaptation. Il convient que les matériels connectés en usine soient inspectés pour s'assurer que de tels raccordements sont complets, correctement marqués et/ou marqués en conformité avec l'Article 6 dans la CEI 62395-1 (2006). Il est important que l'installateur vérifie que les caractéristiques de température des connexions et des raccordements sont adaptées aux conditions de fonctionnement.

Lorsque des résistances de traçage à isolation minérale se terminent sur le chantier, il convient que les extrémités coupées soient scellées immédiatement pour empêcher toute pénétration d'humidité. L'installation doit être réalisée conformément à la documentation du fournisseur de résistance de traçage.

Les éventuels joints et/ou presse-étoupes doivent être certifiés. Les presse-étoupes doivent être installés conformément aux instructions exigées par la certification.

Les résistances de traçage qui ont été installées et n'ont pas été connectées doivent être scellées pour empêcher la pénétration d'humidité et doivent être protégées contre les dommages liés à la réalisation du raccordement.

La procédure d'essai de 4.7.5 doit être effectuée sur des circuits de traçage achevés avant leur connexion finale aux conducteurs de puissance d'entrée.

4.7.6.4 Jonctions, épissures et modifications

Il convient que les jonctions, les épissures et les modifications effectuées sur les résistances de traçage soient réalisées uniquement lorsque cela est spécifié par le fournisseur de résistances de traçage et ce uniquement en stricte conformité avec les instructions du fournisseur. Ceci s'applique en particulier à toute modification des résistances de traçage lorsqu'une variation de longueur de l'unité altérerait la densité de puissance de la résistance de traçage et la température de la gaine. Il convient que les modifications soient enregistrées dans la documentation du système.

4.7.6.5 Exigences de mise à la terre

Tout revêtement métallique doit être connecté au réseau de terre. Si elles sont destinées à fournir un chemin à la terre, les connexions doivent être adaptées pour transporter le courant de défaut requis. La résistance chimique du revêtement métallique doit être prise en compte s'il y a un risque d'exposition à des vapeurs ou à des liquides de nature corrosive.

Des matériaux à résistance électrique élevée comme les tresses ou les gaines en acier inoxydable peuvent ne pas fournir de chemins à la terre efficaces. Il convient de prendre en compte les moyens alternatifs de mise à la terre ou de protection de terre supplémentaire.

4.7.6.6 Raccordements des conducteurs

Les bornes doivent avoir une taille et des caractéristiques suffisantes pour accepter les conducteurs qui peuvent être des fils massifs ou câblés ou des feuilles. Il convient de prendre toutes les précautions nécessaires lors du dénudage de l'isolation afin d'éviter d'endommager les conducteurs.

Les connecteurs de type à compression ou les férules doivent être de taille correcte et d'un type approuvé pour le conducteur concerné. Il convient que les outils de compression soient adaptés aux types spécifiques d'accessoires et soient en bonne condition.

4.7.6.7 Préparation de la documentation

Il convient que le type, la longueur et les données électriques de chaque circuit de traçage soient enregistrés dans la documentation finale. Il convient que les points de connexion soient enregistrés dans la documentation.

4.7.7 Installation du matériel de régulation et de surveillance

4.7.7.1 Généralités

L'installateur est généralement responsable de l'installation des tableaux de régulation, de surveillance et de distribution. Ils assurent au minimum une protection contre les surintensités et les fuites à la terre ainsi que des moyens d'isolation. Une certaine forme de régulation ou de limitation des températures est généralement prévue pour assurer des températures sûres ou à des fins de rendement énergétique. Il est important que le régulateur soit réglé de telle manière que la température de la gaine de la résistance ne dépasse pas la température de limite-haute, si cela est applicable.

Les régulateurs, thermostats, capteurs et dispositifs liés qui sont choisis doivent satisfaire aux exigences du système global en ce qui concerne la température de service, les caractéristiques IP et les codes locaux et nationaux. La certification des systèmes de traçage peut prescrire l'utilisation de composants spécifiques. Dans ces cas, il est obligatoire d'utiliser seulement les pièces spécifiées par le fournisseur du système de traçage.

Les capteurs des régulateurs de température mesurent directement la surface de la pièce à traiter ou la température des supports. Lorsque les capteurs sont montés sur les surfaces, le couplage thermique efficace est essentiel. Le diamètre et la longueur des capteurs peuvent affecter la mesure de la température.

L'intrusion d'eau et de vapeurs corrosives peut causer une défaillance des régulateurs de température. Il convient que l'enveloppe du régulateur soit toujours fermée sauf lorsque son ouverture est exigée pour permettre l'accès.

4.7.7.2 Considérations concernant le capteur

Il convient que le capteur soit installé et positionné conformément aux instructions du fournisseur à un emplacement qui fournit une température représentative du circuit global. Il convient que l'emplacement soit à l'écart des dissipateurs thermiques évidents comme les supports de tuyaux et les crochets. Il convient que le capteur de régulation soit positionné de manière à ne pas être influencé par la température de la résistance de traçage et ne soit pas situé dans des zones de chaleur radiante externe, de gain solaire, de décharge de chaleur de processus ou à proximité d'un bâtiment chauffé. Il convient que les régulateurs détectant la température ambiante soient situés à l'emplacement le plus exposé pour l'installation.

Il convient que le capteur soit sanglé avec un bon contact thermique avec le tuyau ou le matériel et qu'il soit protégé de manière à ce que l'isolation thermique ne puisse pas être piégée entre le capteur et la surface chauffée. Il convient de prendre garde à ne pas endommager le tube capillaire, les fils du thermocouple ou RTD ou à déformer le capteur ce qui provoquerait une erreur d'étalonnage. Les fils sont normalement placés sous l'isolation thermique mais il convient de veiller à s'assurer qu'ils sortent de l'isolation d'une manière qui ne permette pas la pénétration d'humidité.

Lorsqu'une détection directe de la température du support est exigée, il convient que le capteur soit situé dans des puits thermométriques à des emplacements adaptés par exemple au-dessus des niveaux de dépôts potentiels dans les cuves.

Pour la régulation avec détection sur les conduites, dans le cas des tuyaux non métalliques, il convient que le capteur soit placé à 25 mm à 50 mm de la résistance de traçage et qu'il soit fixé au tuyau avec une bande d'aluminium. Il convient que la bande d'aluminium ne crée pas de chemin thermique entre la résistance de chauffage et le capteur.

4.7.7.3 Fonctionnement, étalonnage et accès du régulateur

Il convient que les réglages des régulateurs de température et des limiteurs de température de sécurité soient revus au cours de la mise en service. En fonction des possibilités de réglage offertes par les limiteurs de température de sécurité, il est recommandé que les limiteurs soient scellés pour éviter toute altération.

Il convient que le régulateur de température et la boucle de capteur soient étalonnés à la mise en service en cas d'indication de problème (par exemple une pièce endommagée ou des lectures inhabituelles). Il convient que le régulateur soit réglé à la température exigée et ré-étalonné par rapport au réglage usine si nécessaire. Il convient qu'une vérification de fonction soit réalisée en réglant la température jusqu'à l'observation du régulateur mettant la résistance de traçage sous tension. Il convient que toutes les données mesurées soient documentées.

4.7.8 Modifications nécessaires

Il peut être judicieux de vérifier les températures de surface de la pièce à travailler par rapport aux conceptions prescrites. Si les températures mesurées s'écartent des températures de surface admissibles ou des chiffres de conception, il convient que des mesures correctives soient prises et que le système soit modifié si nécessaire.

4.7.9 Installation du système d'isolation thermique

4.7.9.1 Généralités

Il convient que l'installation de l'isolation thermique soit conforme à toutes les normes nationales et à toutes les réglementations locales applicables. Il est impératif que l'isolation

thermique soit appliquée aussi vite que possible après l'installation et les essais des résistances de traçage. Il convient que les vérifications et les procédures suivantes soient confirmées.

- a) Il convient de vérifier que le type, le diamètre intérieur et l'épaisseur correspondent aux valeurs utilisées pour la sélection des résistances de traçage. Si l'épaisseur de l'isolation diffère de la spécification, il peut ne pas être possible de maintenir ni la température de conception, ni celle d'exploitation ni la température de surface.
- b) Il convient de fournir une protection temporaire contre les intempéries pendant le stockage, les manipulations et l'installation pour éviter le risque que de l'humidité soit piégée dans l'isolation thermique sous son revêtement ou sa gaine de protection finale contre les intempéries.

4.7.9.2 Installation des matériaux d'isolation thermique

Il convient que l'isolation thermique soit appliquée à toutes les sections de tuyau et de matériel y compris les brides, les vannes, les supports de tuyau, les coudes, les jonctions en Té, etc. Si des joints de dilatation ou des soufflets sont installés dans le système, il convient de veiller à ce que leur isolation thermique n'affecte pas le rendement thermique du système de traçage.

Une isolation thermique de dimensions supérieures peut être exigée pour assurer que la résistance de traçage et le matériel soit couverts de manière appropriée. Les autres considérations comprennent les points suivants:

- a) Il est nécessaire de maintenir des distances adéquates entre les tuyaux et entre les tuyaux et les parties de la structure pour permettre l'installation de l'isolation thermique.
- b) Il est essentiel de vérifier que l'épaisseur de l'isolation est égale à l'épaisseur nominale spécifiée au niveau en tous points. Il convient de veiller à ne pas enfoncer la résistance de traçage dans l'isolation car ceci pourrait causer une augmentation de la température de la gaine. Si la taille spécifiée pour l'isolation ne s'adapte pas correctement, l'épaisseur d'isolation immédiatement supérieure peut être utilisée pour recevoir la résistance de traçage.
- c) Il convient de rendre étanche toutes les voies de pénétration pour éviter toute pénétration d'humidité. Lorsque cela est possible, il convient que les découpes soient préparées à l'avance et positionnées dans le segment inférieur à 180° de l'isolation thermique. Il convient que l'isolation thermique soit appliquée de manière à permettre une entrée absolument étanche des résistances de traçage et des capteurs thermiques ou des tubes capillaires.
- d) Il convient que l'isolation thermique soit coupée et parfaitement fixée pour éviter les couches d'air intermédiaires. Il convient que les joints à segments soient décalés sur le plan horizontal pour minimiser les pertes de chaleur par convection.
- e) Au cours de l'application de l'isolation, on doit veiller à ne pas endommager les résistances de traçage. Il convient de ne pas modifier les emplacements des résistances de traçage, des capteurs de température et des autres dispositifs.
- f) Il convient d'envisager l'utilisation de feuilles métalliques pour recouvrir les résistances de traçage sur les vannes et les autres matériels de forme irrégulière pour éviter qu'une isolation thermique entoure la résistance de traçage.
- g) Il convient d'éviter les matériaux d'isolation thermique à teneur élevée en halogénures sur les résistances de traçage ayant une gaine ou une tresse exposée en acier inoxydable.

4.7.9.3 Revêtement

Lorsqu'un revêtement métallique est spécifié, il convient de s'assurer avec soin que les bords nus des pièces métalliques n'entrent pas en contact avec la résistance de traçage ou ses composants.

Les zones présentant les risques les plus élevés sont les suivantes.

- a) Brides: il convient que la pièce métallique soit découpée en retrait et que la face exposée de l'isolation thermique soit protégée par un composé non-absorbant adapté.
- b) Vannes: il convient qu'une gaine isolante préformée soit découpée en surlongueur et poursuivie jusqu'au revêtement des tuyaux adjacents.
- c) Courbures, coudes et tés des tuyaux: il convient de veiller à ne pas forcer une section de tuyau droit adjacente de revêtement dans une courbure ce qui risquerait d'endommager la résistance de traçage.

On privilégie les courbures avec des sections verrouillées et à bords roulés. Il convient d'utiliser un dispositif d'étanchéité non durcissant entre les sections à recouvrement des barrières d'étanchéité des gaines. Lorsque des rivets ou des vis autotaraudeuses sont utilisés, il convient de veiller à s'assurer qu'aucun foret ni aucune vis choisi n'ait une longueur suffisante pour pénétrer dans l'épaisseur de l'isolation thermique et endommager la résistance de traçage qui se trouve en dessous.

Il convient d'apposer des étiquettes d'avertissement sur le revêtement à des intervalles de 6 m au plus pour avertir qu'un système de traçage est installé sous l'isolation thermique. Il convient que ces étiquettes soient placées sur le revêtement sur chaque vanne ou pièce de matériel qui peut nécessiter une maintenance périodique.

4.7.9.4 Essai de résistance d'isolement du circuit sur site (site d'exploitation)

La procédure d'essai de 4.7.5 doit être conduite sur tous les circuits de résistance de traçage après installation, avec l'exigence que la résistance d'isolement mesurée ne doit pas être inférieure à 5 MΩ.

4.7.9.5 Examen visuel

Il convient que l'examen visuel garantisse:

- a) qu'aucune humidité ne peut pénétrer dans l'isolation à la suite d'intempéries (position correcte des chevauchements ou verrouillage par jonc);
- b) que les connexions glissantes (ou similaires) sur les revêtements de protection contre les intempéries sont suffisamment souples pour absorber tout mouvement de dilatation;
- c) que les vis choisies pour fixer le revêtement de protection contre les intempéries sont suffisamment courtes pour exclure toute possibilité d'endommagement des résistances de contact ou des capteurs de température;
- d) que les découpes pour les entrées dans le revêtement de protection contre les intempéries des résistances de traçage, des capteurs de température, etc. sont dimensionnées pour rendre le contact impossible. En particulier dans le cas de branchements, il convient que le revêtement soit coupé de manière suffisamment large;
- e) que les joints du revêtement et les entrées de l'isolation thermique sont correctement scellés avec un produit d'étanchéité élastique non durcissant qui résiste aux attaques chimiques et à la dégradation et qui est de dimensions stables.

4.7.9.6 Documentation

Il convient de fournir une documentation concernant l'isolation thermique et le matériau du revêtement ainsi que sur la taille et l'épaisseur.

4.7.10 Installation électrique

Les connexions électriques du système et le raccordement au matériel de distribution électrique doivent être réalisés par des personnes formées (électriciens pour installations de grande taille) conformément aux instructions des fournisseurs de matériaux et aux codes locaux et nationaux.

Un marquage permanent et une identification doivent être réalisés comme indiqué ci-dessous et doivent être vérifiés quant à leur conformité aux exigences de marquage de la CEI 62395-1:

- a) disjoncteur de circuit de branchement;
- b) appareillage de surveillance et d'alarme;
- c) raccordement électrique des résistances de traçage;
- d) nombre de circuits et point de réglage pour chaque régulateur de température.

Le marquage doit être réalisé conformément à la CEI 62395-1 pour chaque circuit de traçage sur la boîte de jonction correspondante.

4.7.11 Mise en service

4.7.11.1 Généralités

Il convient que le système de traçage soit mis en service après installation de l'isolation thermique et réalisation de la distribution électrique. Il convient que cela comprenne les vérifications et les mises à jour fonctionnelles de documentation décrites en 4.7.11.2 et 4.7.11.3. Il convient que l'enregistrement de mise en service des résistances de traçage de l'Annexe B soit complété et conservé.

4.7.11.2 Vérification fonctionnelle

Il est recommandé d'adopter la procédure suivante:

- a) Fermer tous les circuits de branchement et vérifier que le courant est correct. Une dérivation temporaire peut être nécessaire pour le dispositif de régulation de la température.
- b) Vérifier que les circuits de surveillance ou d'alarme fonctionnent comme prévu. Une dérivation peut être exigée au niveau des contacts de champ.
- c) Remplir l'enregistrement de mise en service des résistances de traçage (Annexe B) pour chaque circuit. Il convient qu'il documente clairement toutes les données d'essai et de mise en service.
- d) Enregistrer les valeurs de la résistance d'isolation électrique pour chaque mesure prise conformément à la procédure donnée en 4.7.9.4.
- e) Enregistrer la tension et le courant appliqués spécifiés par le fabricant.
- f) Vérifier que la vérification d'étalonnage au niveau du point de réglage du régulateur de température a été réalisée et que le régulateur a été ajusté à la valeur correcte.

4.7.11.3 Documentation finale

L'existence d'une documentation adéquate et uniforme des circuits de traçage par résistance électrique constitue une condition préalable essentielle pour une maintenance économique de ce matériel. Ceci est important en particulier pour faciliter un dépannage rapide en cas de problèmes de circuits. Elle constitue également la base pour un traitement plus simple, plus rapide et moins coûteux de modifications ou d'extensions désirées traitées par un spécialiste des systèmes de traçage par résistance électrique.

Il convient que la documentation de chaque circuit de chauffage d'un système de traçage contienne les éléments suivants.

- Documentation de conception et d'essai pour le système installé:
 - a) sommaire;
 - b) schéma des tuyauteries indiquant les circuits de traçage et l'emplacement des points d'alimentation, des connexions, des épissures, des tés et des

raccordements d'extrémité et des régulateurs de température pour la commande et la limitation;

- c) pour les cuves: cheminement du traçage;
 - d) liste des tuyaux et des isolations;
 - e) longueur des circuits individuels des résistances de traçage;
 - f) données de calculs et de dimensionnement;
 - g) liste des matériaux;
 - h) instructions sur l'installation des résistances de traçage;
 - i) description et instructions d'installation des capteurs de température;
 - j) enregistrement de mise en service des résistances de traçage (Annexe B);
 - k) mesure du profil de température;
 - l) certificat d'installation.
- Schémas des circuits:
 - m) schéma des câblages et des circuits;
 - n) schéma des connexions des bornes;
 - o) appareillage avec nomenclature des pièces;
 - p) instructions d'installation.
 - Autres:
 - q) descriptions techniques et manuels d'instruction pour les pièces individuelles des matériels;
 - r) schéma fonctionnel tel qu'accepté par l'ingénieur concepteur;
 - s) certificats ou déclarations de conformité par une agence de certification comme exigé.

4.8 Maintenance

4.8.1 Généralités

Il est nécessaire de fournir un programme de maintenance de routine pour l'inspection, l'enregistrement des conditions et les réparations comme exigé. Parmi les aspects importants d'un programme de maintenance adapté, on peut citer l'établissement d'une fréquence adaptée d'inspection, la conservation de documents sur toutes les opérations de maintenance et la réalisation d'inspections visuelles, de vérifications périodiques de fonctionnement et d'examen du système de protection électrique.

Toutes les procédures suivantes ne sont pas applicables à chaque installation; ceci dépend de la complexité de l'application.

4.8.2 Formation du personnel de maintenance

Il est recommandé que les personnes qui interviennent pour inspecter et assurer la maintenance des systèmes de traçage aient une formation suffisante pour leur permettre d'être familiarisés avec les types spécifiques d'installations de traçage par résistance électrique qu'elles sont amenées à visiter. Cette formation doit intégrer tout appareillage associé ainsi que les conditions d'exploitation et d'environnement liées à l'installation du système. En cas de modification ou de changements concernant les méthodes de maintenance, les informations nécessaires doivent être fournies au personnel qualifié d'une manière qui les aide dans leur fonction.

Lorsque cela est nécessaire, il convient que la formation aux concepts de maintenance soit fournie dans le cas de séminaires d'entretien ou de renforcement des connaissances.

Les enregistrements concernant la formation doivent être conservés avec la documentation d'exploitation de l'installation.

4.8.3 Fréquence d'inspection

La fréquence d'inspection dépend de l'emplacement spécifique, du type de système de traçage et du caractère critique de l'application. Lorsqu'on utilise le traçage par résistance électrique pour la protection contre le gel, il convient que l'inspection ait lieu avant la saison d'hiver. Il est recommandé que les systèmes de type II soient inspectés au moins une fois par an et les systèmes de type III tous les six mois ou plus fréquemment si cela est exigé.

4.8.4 Documentation du programme de maintenance

Il convient que la documentation du programme de maintenance fournisse des informations supplémentaires pour:

- a) obtenir un historique des activités de maintenance avec la raison de chaque modification du système, et
- b) vérifier l'efficacité de la fréquence d'inspection.

Il convient de conserver les enregistrements dans des journaux, par exemple sous la forme donnée à l'Annexe C.

4.8.5 Evaluation visuelle

Il convient de réaliser un examen visuel du système pour détecter les éventuels dommages en inspectant les composants exposés du système de traçage par résistance. Les zones spécifiques à voir comprennent:

- a) les entrées de câble;
- b) les boîtes de jonction;
- c) les câbles de traçage et électriques exposés;
- d) les accessoires d'étanchéité à chaque raccordement électrique, té, épissure et raccordement d'extrémité;
- e) l'étanchéité correcte (couple) des connexions électriques;
- f) l'absence d'humidité et l'étanchéité correcte des thermostats et des armoires de commande;
- g) l'isolation thermique et la barrière d'étanchéité;
- h) les indications de surchauffe;
- i) la présence de fuites, de corrosion et de matériaux étrangers.

Il convient que les boîtes de jonction soient vérifiées pour s'assurer qu'elles sont exemptes d'humidité et d'eau. Il est recommandé de remplacer ou de réparer l'isolation thermique et la barrière d'étanchéité selon les besoins.

4.8.6 Evaluation électrique

Il convient de vérifier le fonctionnement correct de tous les circuits et de toutes les commandes au cours des inspections. Pour chaque circuit, il convient de vérifier que le courant est normal et que la tension est appliquée correctement. Il convient que les dispositifs de protection des matériels contre les défauts à la terre soient soumis aux essais au moins une fois par an avec le système de traçage sous tension. Lorsque le système de traçage est utilisé pour la commande d'un processus critique, il convient que les vérifications opérationnelles soient réalisées avec une fréquence accrue.

Il convient de vérifier la résistance d'isolement électrique et la continuité des résistances de traçage après toute maintenance mécanique sur les conduites, les cuves ou les matériels qui

sont équipés d'un système de traçage. Après isolation complète de l'alimentation électrique de la résistance de traçage ou du système total, il convient que la résistance d'isolement soit mesurée entre les conducteurs de la résistance de traçage et le revêtement métallique avec une tension d'essai continue de 500 V au minimum. La résistance d'isolement mesurée ne doit pas être inférieure à 20 MΩ.

Pour les applications de Type III, il convient que les performances des résistances de traçage soient vérifiées en mesurant l'appel de courant pour chaque circuit 2 min à 5 min après la mise sous tension puis après 15 min. Il convient que cette valeur soit enregistrée avec la température locale du tuyau. Si cela est possible, il convient que la valeur mesurée soit comparée aux caractéristiques de sortie du fournisseur de résistances de traçage à la température mesurée du tuyau.

Il convient de résorber les différences entre les valeurs mesurées et les valeurs prescrites.

4.8.7 Revue du système de protection électrique

Il convient que les inspections comprennent toutes les connexions aux systèmes de terre pour vérifier qu'elles sont étanches et ne présentent pas de corrosion. Au cours des vérifications opérationnelles périodiques, il convient que l'intégrité de la mise à la terre soit vérifiée par la mesure de la résistance.

Il convient que toutes les commandes (thermostats, voyants lumineux, appareils de mesure, régulateurs, etc.) soient vérifiées pour assurer un fonctionnement et une indication corrects. Il est nécessaire de vérifier que les dispositifs de protection sont réglés comme spécifié à l'origine. Il convient que tous les dispositifs de commande (thermostats, voyants lumineux, appareils de mesure, régulateurs, etc.), tous les points de réglage de régulateur, toutes les limites de système d'alarme et le fonctionnement correct du régulateur soient vérifiés selon les spécifications du fournisseur de résistances de traçage.

4.9 Réparation

4.9.1 Généralités

Après la détermination de la cause d'un défaut d'un circuit, il est recommandé que les défauts correspondants soient corrigés par une réparation ou un remplacement sur site. Il est recommandé de n'effectuer une réparation sur site que si les conditions suivantes sont satisfaites.

- a) Les caractéristiques de conception et de construction de la résistance de traçage sont maintenues, par exemple la résistance mécanique et la résistance à l'eau.
- b) Une méthode de réparation est recommandée dans la documentation du système de traçage avec mention de tous les matériaux et outils spécifiques.
- c) Aucun danger local n'est généré par la réalisation de la réparation.
- d) Cela n'invalide pas le certificat des appareillages certifiés. Toute réparation d'un appareillage certifié doit être réalisée dans le strict respect des instructions spécifiques incorporées dans le cadre du certificat.

4.9.2 Localisation de défaut

Les méthodes spécialisées de localisation des défauts sont nécessaires pour les systèmes de traçage par résistance électrique recouverts par une isolation thermique et un revêtement métallique et il convient de demander des conseils au fournisseur de systèmes de traçage par résistance électrique. Les défauts peuvent être caractérisés par des dommages mécaniques, la corrosion, la surchauffe ou la pénétration d'humidité.

Les étapes possibles comprennent

- a) la disposition exacte du circuit de traçage peut être déterminée à partir de la documentation du système. En outre, un instrument à "induction" fonctionnant à environ 1 000 Hz peut être utilisé pour injecter un signal dans le dispositif de traçage et il convient que le cheminement du dispositif soit suivi par un signal sonore obtenu par l'instrument;
- b) il convient de déterminer le type de défaut, par exemple, circuit ouvert ou fuite à la terre;
- c) s'il existe un circuit ouvert ou une faible résistance à la terre inférieure à environ 500 Ω , un instrument à écho d'impulsion ou de réflexion peut être utilisé avec un niveau de réussite considérable. D'autres défauts peuvent être localisés en utilisant un instrument de type pont à résistance.

4.9.3 Faisabilité des réparations des résistances de traçage

Si une résistance de traçage n'a pas été mise sous tension auparavant et qu'un dommage mécanique a donné lieu à un claquage de l'isolation électrique, à une rupture de conducteurs ou à l'infiltration d'humidité, une réparation devrait normalement être possible.

Si le défaut est détecté seulement après connexion électrique et que le dommage est réduit à une petite surface, il convient de pratiquer un examen visuel de la résistance de traçage sur 1 m de chaque côté du défaut pour voir si l'isolation électrique est affectée à un endroit autre que le point correspondant au dommage mécanique.

Si un défaut est provoqué par une action corrosive et que le dommage est limité à une petite surface, une réparation devrait être normalement possible. Toutefois, si la résistance de traçage a été endommagée en plus d'un endroit ou si la zone endommagée est étendue, il est recommandé de remplacer le circuit entier.

Si un défaut est provoqué par une surchauffe localisée, alors il convient de réaliser les réparations seulement lorsque le dommage est limité à une zone réduite. Les défauts de courant élevés prolongés peuvent nécessiter le remplacement de tout le circuit. En cas de soupçon de défaut de conception du système, il convient de procéder à une évaluation du système de traçage par résistance électrique.

4.9.4 Techniques de réparation pour les résistances de traçage électrique

Les réparations peuvent généralement être réalisées par l'utilisation d'épissures en ligne ou de connexions de boîtes de jonction comme alternative au remplacement du circuit complet. Des procédures générales de réparation sont données dans le présent paragraphe (4.9.4) mais il convient que seuls les méthodes, matériaux et outils spécifiques indiqués par le fournisseur soient utilisés.

Il convient que le retrait d'une section endommagée d'une résistance de traçage n'en n'altère pas de manière significative les performances par rapport à ses caractéristiques originales de conception. Il convient de s'assurer qu'une épissure en ligne n'est pas soumise à des contraintes en fonctionnement. Ceci peut être obtenu par exemple en prévoyant une boucle de dilatation des deux côtés du joint. Il est recommandé de ne pas plier la section de 150 mm des deux côtés du joint lorsqu'elle est ré-appliquée sur la pièce à traiter et d'assurer un bon contact. Il convient de fixer à nouveau solidement la résistance et les joints réparés sur la pièce à traiter pour assurer un bon contact.

Si une connexion avec boîte de jonction est utilisée, alors il convient d'installer les connexions froides dans la boîte de jonction conformément aux instructions du fournisseur.

Lorsque les résistances de traçage sont reliées à la terre au moyen d'une tresse métallique, d'une gaine métallique ou d'un écran constitué d'une feuille métallique, il convient que l'intégrité et la continuité de la terre ne soient pas affectées par la réparation.

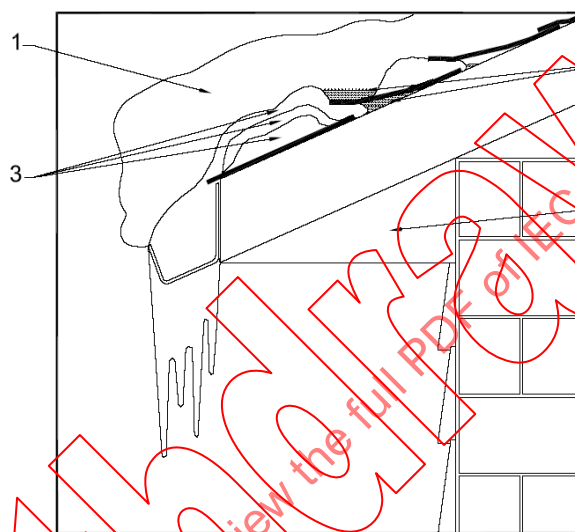
Il convient que la ou les résistance(s) réparée(s) soit/soient soumise(s) à l'essai décrit en 4.7.5 avant ré-installation et que les informations relatives à la réparation soient enregistrées avec la documentation pour le circuit.

5 Dégivrage des toits et des gouttières

5.1 Description de l'application

Les systèmes de dégivrage des toits et des gouttières maintiennent le passage pour assurer l'écoulement dans les gouttières, les tuyaux de descente des eaux pluviales et les tuyaux d'évacuation et empêchent la formation de glace (voir Figure 9).

Les résistances de traçage destinées à ces applications doivent satisfaire aux exigences supplémentaires de 5.3 de la CEI 62395-1 (2006).



IEC 756/08

Légende

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| 1 Neige | 3 Barrière de glace en couches |
| 2 Formation d'eau | 4 Sous-face |

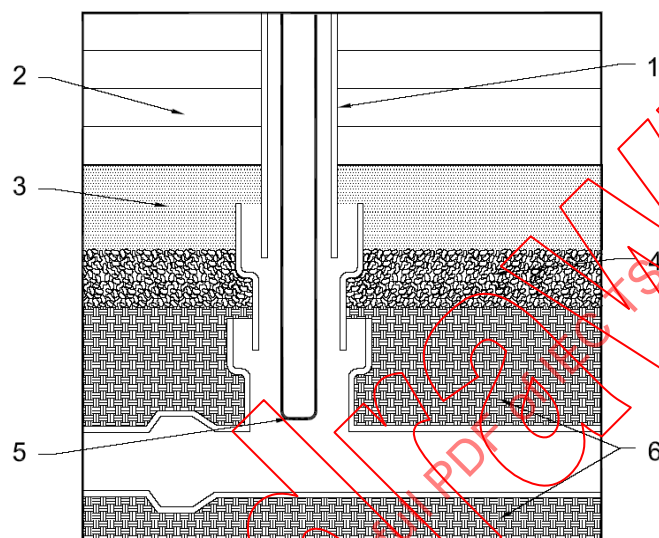
Figure 9 – Formation de barrières de glace

5.2 Informations concernant la conception – Généralités

Il convient de prendre en compte les éléments suivants lors de la conception d'un système.

- Il convient que les résistances de traçage et leurs composants résistent aux UV.
- Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les épissures.
- Par conception, il y a normalement 1 m de résistance de traçage par mètre de gouttière. Pour les gouttières ayant une largeur supérieure à 150 mm, plusieurs cheminements de résistances de traçage sont recommandés.
- Le chauffage des tuyaux de descente est assuré par des boucles, c'est-à-dire avec un double traçage allant au-delà de la ligne de gel si le système est incorporé dans le système d'évacuation (voir la Figure 10).
- Il convient que les connecteurs d'extrémité soient positionnés de manière à minimiser l'exposition à l'humidité.
- Il convient que les longueurs maximales de circuit du fabricant ne soient pas dépassées.

- g) Il convient d'utiliser les dispositifs de fixation du fabricant pour les supports des résistances de traçage (voir Figures 11, 12 et 13).
- h) Les résistances de traçage présentent normalement leurs caractéristiques assignées à 15 W/m pour les gouttières/tuyaux plastiques et jusqu'à 65 W/m pour les systèmes métalliques. Les résistances à auto-régulation sont recommandées lorsque plusieurs cheminements doivent être installés.
- i) Il convient de fournir des quantités appropriées de résistances pour les avant-toits, les noues et les auvents.
- j) Il convient de créer des schémas pour chaque circuit de chauffage.



IEC 757/08

Légende

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1 Tuyau de descente | 4 Caillou |
| 2 Bardage | 5 Boucle de résistance de traçage |
| 3 Sable | 6 Sol |

Figure 10 – Tuyau de descente vers évacuation souterraine

5.3 Conception thermique

La charge de chauffage exigée pour empêcher la formation de glace est influencée par une combinaison de caractéristiques géométriques et dimensionnelles du système pour le toit et les gouttières et par les conditions atmosphériques locales.

5.4 Conception électrique

Chaque résistance de traçage ou chaque circuit de branchement de résistance de traçage doit être équipé d'une protection contre les défauts à la terre capable d'interrompre les défauts à la terre d'impédance élevée. Il peut s'agir d'un dispositif de protection contre les défauts à la terre présentant une caractéristique nominale de déclenchement de 30 mA ou d'un régulateur ayant à la fois une capacité de protection des circuits contre les défauts à la terre et les surcharges. Pour les circuits de résistances de traçage, il est recommandé que le niveau de déclenchement pour les dispositifs réglables soit normalement de 30 mA au-dessus de toute caractéristique de fuite capacitive inhérente de la résistance de traçage tel que spécifié par le fabricant.

Lorsqu'un fonctionnement permanent des circuits est nécessaire pour le fonctionnement en sécurité du bâtiment, de l'équipement ou des processus, la détection de défauts à la terre sans interruption est acceptable si une alarme est prévue de façon à assurer une réponse par acquittement.

5.5 Conception du système de régulation et de surveillance

Il est recommandé que le niveau minimal de commande pour un système de dégivrage des toits et des gouttières intègre un dispositif de détection de la température ambiante (normalement réglé pour mettre sous tension le système lorsque la température de l'air tombe en-dessous de 5 °C) ou un dispositif de détection de l'humidité.

Pour la conservation de l'énergie, des systèmes de détection de la température ambiante et de l'humidité sont recommandés. Cette approche de commande plus sophistiquée est aussi recommandée pour les applications plus complexes et de taille plus importante.

Lorsque l'intégrité du système est importante, une alarme de perte de tension est recommandée.

5.6 Considérations particulières de conception

Les considérations de conception particulières suivantes peuvent s'appliquer lors de la conception d'un système de dégivrage du toit et des gouttières:

- a) Il convient que la résistance de traçage soit choisie et que le système soit conçu de manière à ce que la température maximale de tenue de tous les matériaux du toit et des gouttières en contact avec le système de traçage ne soit pas dépassée.
- b) Il convient que le concepteur spécifie les exigences de chauffage pour appliquer la chaleur à la sous-face et assurer un dégivrage des auvents.
- c) Lorsque les tuyaux d'évacuation du toit vont dans une zone chauffée, il convient qu'une boucle de résistance de traçage soit installée jusqu'à une épaisseur type de 1 m. Si le tuyau traverse une zone non chauffée, il convient qu'une boucle soit placée sur cette zone (voir la Figure 14).
- d) Pour les puisards, il convient qu'un système de traçage supplémentaire soit spécifié pour assurer un drainage approprié.
- e) Si une application pour toit ou gouttières n'est pas spécifiquement mentionnée dans la présente Spécification technique, il convient de la présenter à un concepteur de système de traçage.

5.7 Installation

5.7.1 Généralités

Avant l'installation, il convient de vérifier que la résistance de traçage fournie est conforme à la conception. L'implantation des résistances de traçage sur les toits est similaire quel que soit le matériau du toit (tuile, ardoise, etc.). Les procédures générales suivantes sont recommandées.

- a) Il convient que la pièce à traiter soit exempte de débris.
- b) Il convient d'utiliser un raccordement de puissance résistant aux intempéries.
- c) Il convient que l'installation de résistance de traçage commence au niveau du raccordement de puissance et soit implantée comme cela est représenté sur les schémas du concepteur.
- d) Il convient qu'un essai de résistance d'isolement soit réalisé et que ses résultats soient enregistrés en utilisant une tension d'essai d'au moins 500 V en courant continu. Toutefois, pour les résistances de traçage à isolation minérale, une tension d'essai maximale de 1 000 V en courant continu est recommandée et pour celles qui ont une isolation polymère, une valeur de 2 500 V en courant continu. Il est recommandé que la valeur mesurée ne soit pas inférieure à 20 MΩ.

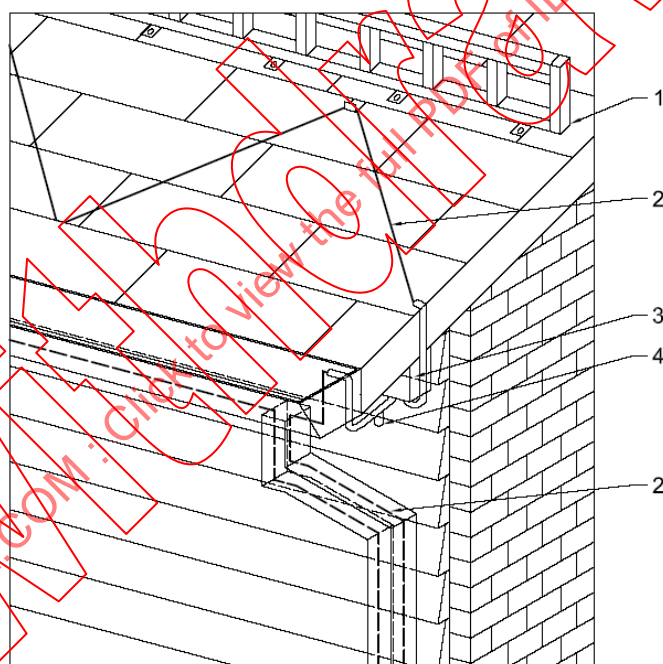
5.7.2 Montage des résistances de traçage et des composants

Les méthodes de fixation peuvent varier en fonction de l'application particulière. Il convient que le concepteur ou le fournisseur du système spécifie les techniques de montage par

mâchoire ou par console qui sont appropriées aux types particuliers d'applications de toit et de gouttières.

En général,

- a) connecter et installer toutes les résistances de traçage selon les instructions du fabricant;
- b) lorsque cela est possible, il convient que tous les raccordements d'alimentation soient réalisés à un emplacement protégé (par exemple sous les avant-toits). Il convient que les entrées soient situées sur la partie inférieure d'une boîte de raccordement et qu'une boucle de réception soit prévue (voir la Figure 11);
- c) un pare-neige/pare-glace peut être exigé au-dessus du système de traçage pour empêcher des glissements de glace ou de neige;
- d) il convient d'enregistrer les détails des circuits tels qu'ils ont été installés et de fournir à l'utilisateur les données et les schémas concernant la construction;
- e) il convient que toutes les pénétrations à la surface du toit soient étanches à l'humidité par utilisation d'un produit d'étanchéité et d'une méthode d'étanchéisation appropriées. Il est recommandé que l'installation du système de traçage n'affecte pas l'intégrité du toit et des gouttières;
- f) il convient que le matériel de montage résiste à la corrosion et ne présente pas d'arêtes vives ou de bavures qui pourraient endommager la résistance de traçage.

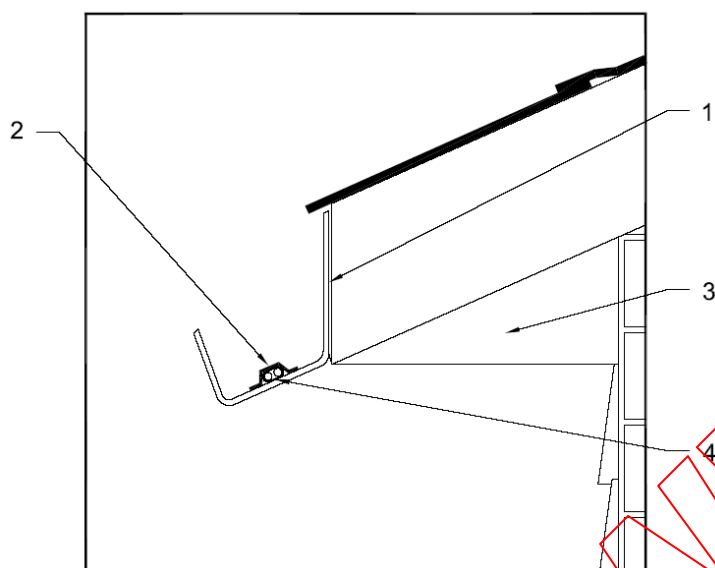


IEC 758/08

Légende

- | | |
|-------------------------|---|
| 1 Garde-neige | 3 Boîte de jonction |
| 2 Résistance de traçage | 4 Tuyau de point bas ou bouche de réception |

Figure 11 – Montage d'une résistance de traçage de toit et de gouttière



IEC 759/08

Légende

- | | | | |
|---|-------------------------------|---|-----------------------|
| 1 | Gouttière | 3 | Sous-face |
| 2 | Bande d'aluminium ou mâchoire | 4 | Résistance de traçage |

Figure 12 – Détail d'une gouttière