

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Explosive atmospheres –

Part 30-2: Electrical resistance trace heating – Application guide for design, installation and maintenance

Atmosphères explosives –

Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 60079-30-2:2015



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

Copyright © 2015 IEEE

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 being secured. Requests for permission to reproduce should be addressed to either IEC at the address below or IEC's member National Committee in the country of the requester or from IEEE.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
3 Park Avenue
New York, NY 10016-5997
United States of America
stds.ipr@ieee.org
www.ieee.org

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 the IEEE

IEEE is the world's largest professional association dedicated to advancing technological innovation and excellence for the benefit of humanity. IEEE and its members inspire a global community through its highly cited publications, conferences, technology standards, and professional and educational activities.

About IEC/IEEE publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.



IEEE

IEC/IEEE 60079-30-2

Edition 1.0 2015-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Explosive atmospheres –

Part 30-2: Electrical resistance trace heating – Application guide for design, installation and maintenance

Atmosphères explosives –

Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.260.20

ISBN 978-2-8322-5200-0

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	6
1 Scope	10
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	10
4 Application considerations	10
4.1 General	10
4.2 Corrosive areas	11
4.3 Process temperature accuracy	11
4.3.1 Type I	11
4.3.2 Type II	11
4.3.3 Type III	11
4.4 Installation considerations	11
5 Thermal insulation	12
5.1 General	12
5.2 Selection of insulating material	12
5.3 Selection of weather barrier (cladding)	13
5.4 Selection of economical thickness to provide optimum trace heating design	13
5.5 Double insulation	14
6 System design	17
6.1 General	17
6.2 Purpose of, and major requirement for, trace heating	17
6.3 Training	18
6.4 Selection of trace heater	18
6.4.1 General	18
6.4.2 Site-fabricated trace heaters	18
6.4.3 Specific types of trace heating	19
6.5 Maximum temperature determination	19
6.5.1 General	19
6.5.2 PTC characteristic	19
6.5.3 Stabilized design	20
6.5.4 Controlled design	20
6.6 Heat up and cool down considerations	20
6.7 Design information	20
6.7.1 Design information documentation	20
6.7.2 Isometric or trace heater configuration line lists and load charts	21
6.8 Power system	22
6.9 Earthing requirements	22
6.10 Earth-fault protection of equipment	23
6.11 Start-up at minimum ambient temperatures	23
6.12 Long trace heater runs	23
6.13 Flow pattern analysis	23
6.14 Dead-leg control technique	25
6.15 Chimney effect	25
6.16 Safety shower and eyewash station design requirements	26

7	Control and monitoring	26
7.1	General.....	26
7.2	Mechanical controllers	27
7.3	Electronic controllers	27
7.4	Application suitability	27
7.5	Location of controllers.....	27
7.6	Location of sensors.....	28
7.7	Alarm considerations	28
7.7.1	General	28
7.7.2	Trace heating circuit alarm	28
7.7.3	Temperature alarms	29
7.7.4	Other alarms.....	29
7.7.5	Integrated control	29
8	Recommendations for installation	29
8.1	General.....	29
8.2	Preparatory work	30
8.2.1	General	30
8.2.2	Scheduling and coordination.....	30
8.2.3	Confirmation of equipment.....	30
8.2.4	Receiving materials	30
8.2.5	Warehousing and handling	30
8.2.6	Personnel aspects	30
8.3	Installation of trace heating circuits.....	30
8.3.1	Coordination and equipment verification	30
8.3.2	Pre-installation testing and design verification	31
8.3.3	Visual examination	31
8.3.4	Insulation resistance test.....	31
8.3.5	Component substitution	31
8.3.6	Location of power supply	31
8.3.7	Installation of trace heaters	32
8.3.8	Connections and terminations.....	34
8.4	Installation of control and monitoring equipment	36
8.4.1	General	36
8.4.2	Verification of equipment suitability.....	36
8.4.3	Temperature controller and monitoring devices.....	36
8.4.4	Sensor considerations	36
8.4.5	Controller operation, calibration, and access	40
8.4.6	Necessary modifications	40
8.5	Installation of thermal insulation system (see also Clause 5).....	40
8.5.1	General	40
8.5.2	Preparatory work	40
8.5.3	Installation of the thermal insulation materials	40
8.5.4	Cladding	41
8.5.5	Field (site work) circuit insulation resistance test	41
8.5.6	Visual inspection	41
8.5.7	Documentation	42
8.6	Installation of distribution wiring and coordination with branch circuits	42
8.6.1	General	42
8.6.2	Earth-fault protective device	42

8.6.3	Circuit protective device	42
8.6.4	Tagging/Identification	42
8.7	Commissioning	42
8.7.1	Pre-commissioning check	42
8.7.2	Functional check and final documentation.....	43
9	Maintenance	44
9.1	General.....	44
9.2	Fault location	44
9.3	Fault rectification	44
10	Repairs.....	45
10.1	General.....	45
10.2	Practicability of repair to electric trace heaters.....	45
10.2.1	Mechanical damage.....	45
10.2.2	Damage due to corrosion.....	45
10.2.3	Damage due to overheating.....	45
10.3	Repair techniques for electrical trace heaters	45
10.3.1	General	45
10.3.2	In-line splice	46
10.3.3	Connection via junction box	46
10.4	Earthing.....	46
10.5	Testing	46
Annex A (informative)	Example of design data record.....	47
Annex B (informative)	Checklist for installation requirements	48
Annex C (informative)	Example of trace heater commissioning record	49
Annex D (informative)	Example of maintenance schedule and log record.....	50
Annex E (informative)	Pipe heat loss considerations – Heat loss formula and example calculations.....	51
Annex F (informative)	Vessel heat loss considerations.....	57
F.1	General.....	57
F.2	Insulation heat loss (Q_{ins}).....	57
F.3	Slab surface areas (Q_{slab}).....	58
F.4	Support heat loss (Q_{supt})	59
F.5	Manhole heat loss ($Q_{manhole}$).....	59
F.6	Convection coefficient formulae	59
F.6.1	General	59
F.6.2	Free convection, nonfluid surface, any orientation (h_i, h_{co}, h_o)	59
F.6.3	Forced convection, any orientation (h_o)	60
F.6.4	Radiation component, all coefficients (h_f, h_i, h_{co}, h_o).....	61
Annex G (informative)	Heat up and cool down considerations	62
G.1	Heat up.....	62
G.2	Cool down.....	63
Annex H (informative)	Method to determine equivalent thicknesses of insulating cements.....	65
Bibliography		66
Figure 1	– Thermal insulation – Weather-barrier installation.....	15
Figure 2	– Typical temperature profile.....	16

Figure 3 – Flow pattern analysis example	24
Figure 4 – Bypass example	25
Figure 5 – Typical installation of control sensor and sensor for temperature limiting control	38
Figure 6 – Limiting device sensor on sheath of trace heater	38
Figure 7 – Limiting device sensor as artificial hot spot	39
Figure E.1 – Assumed temperature gradients	52
Table 1 – Pre-installation checks	32
Table A.1 – Example of design data record	47
Table B.1 – Example of pre-commissioning check and trace heater installation record	48
Table C.1 – Example of trace heater commissioning record	49
Table D.1 – Example of maintenance schedule and log record	50

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 60079-30-2:2015

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

**Part 30-2: Electrical resistance trace heating –
Application guide for 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.

IEEE Standards documents are developed within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board. IEEE develops its standards through a consensus development process, approved by the American National Standards Institute, which brings together volunteers representing varied viewpoints and interests to achieve the final product. Volunteers are not necessarily members of IEEE and serve without compensation. While IEEE administers the process and establishes rules to promote fairness in the consensus development process, IEEE does not independently evaluate, test, or verify the accuracy of any of the information contained in its standards. Use of IEEE Standards documents is wholly voluntary. IEEE documents are made available for use subject to important notices and legal disclaimers (see <http://standards.ieee.org/IPR/disclaimers.html> for more information).

IEC collaborates closely with IEEE in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations. This Dual Logo International Standard was jointly developed by the IEC and IEEE under the terms of that agreement.

- 2) The formal decisions 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. The formal decisions of IEEE on technical matters, once consensus within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees has been reached, is determined by a balanced ballot of materially interested parties who indicate interest in reviewing the proposed standard. Final approval of the IEEE standards document is given by the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board.
- 3) IEC/IEEE Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees/IEEE Societies in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC/IEEE Publications is accurate, IEC or IEEE 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 (including IEC/IEEE Publications) transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC/IEEE Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC and IEEE do not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC and IEEE are not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or IEEE or their directors, employees, servants or agents including individual experts and members of technical committees and IEC National Committees, or volunteers of IEEE Societies and the Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board, 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/IEEE Publication or any other IEC or IEEE 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 implementation of this IEC/IEEE Publication may require use of material covered by patent rights. By publication of this standard, no position is taken with respect to the existence or validity of any patent rights in connection therewith. IEC or IEEE shall not be held responsible for identifying Essential Patent Claims for which a license may be required, for conducting inquiries into the legal validity or scope of Patent Claims or determining whether any licensing terms or conditions provided in connection with submission of a Letter of Assurance, if any, or in any licensing agreements are reasonable or non-discriminatory. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.

International Standard IEC/IEEE 60079-30-2 has been prepared by IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres, in cooperation with the Petroleum & Chemical Industry Committee of the IEEE Industrial Applications Society under the IEC/IEEE Dual Logo Agreement.

NOTE A list of IEEE participants can be found at the following URL:
http://standards.ieee.org/downloads/60079/60079-30-2-2015/60079-30-2-2015_wg-participants.pdf.

This first edition of IEC/IEEE 60079-30-2 cancels and replaces the first edition of IEC 60079-30-2 published in 2007 and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant changes, apart from a general review and updating of the first edition of IEC 60079-30-2, harmonization with IEEE Std 515, with respect to the previous edition:

- the relocation of trace heater product design methodology and requirements to IEC/IEEE 60079-30-1;
- the relocation and/or duplication of information on installation, maintenance, and repair to the MTs under SC31J for their addition into IEC 60079-14, IEC 60079-17, and IEC 60079-19;
- the inclusion of more detailed information on safety showers and eyewash units;
- the introduction of Annexes from IEEE Std 515.

The significance of changes between IEC 60079-30-2, Edition 1.0 (2007) and IEC/IEEE 60079-30-2, Edition 1.0 (2014) is as listed below:

Changes	Clause	Type		
		Minor and editorial changes	Extension	Major technical changes
Addition of clarification for the exclusion of areas coverage classifications of EPLs Ga and Da	1	X		
Addition of requirements for the Division method of area classification that may be applied by some users	1			C1
Relocation of heat loss design requirements to IEC/IEEE 60079-30-1	6.3	X		
Addition of safety shower and eyewash station design requirements	6.16			C2
Addition of Annex for an example of a design data record	Annex A	X		
Addition of Annex for a checklist of installation requirements	Annex B	X		
Addition of Annex for an example of a trace heater commissioning record	Annex C	X		
Addition of Annex for an example of a maintenance schedule and log record	Annex D	X		
Addition of Annex for pipe heat loss considerations	Annex E	X		
Addition of Annex for vessel heat loss considerations	Annex F	X		
Addition of Annex for heat up and cool down considerations	Annex G	X		
Addition of Annex for a method to determine the equivalent thickness of insulating cements	Annex H	X		

NOTE The technical changes referred to include the significance of technical changes in the revised IEC Standard, but they do not form an exhaustive list of all modifications from the previous version.

Explanations:

A) Definitions

Minor and editorial changes

clarification
decrease of technical requirements
minor technical change
editorial corrections

These are changes which modify requirements in an editorial or a minor technical way. They include changes of the wording to clarify technical requirements without any technical change, or a reduction in level of existing requirement.

Extension

addition of technical options

These are changes which add new or modify existing technical requirements, in a way that new options are given, but without increasing requirements for equipment that was fully compliant with the previous standard. Therefore, these will not have to be considered for products in conformity with the preceding edition.

Major technical changes

addition of technical requirements
increase of technical requirements

These are changes to technical requirements (addition, increase of the level or removal) made in a way that a product in conformity with the preceding edition will not always be able to fulfil the requirements given in the later edition. These changes have to be considered for products in conformity with the preceding edition. For these changes additional information is provided in clause B) below.

NOTE These changes represent current technological knowledge. However, these changes should not normally have an influence on equipment already placed on the market.

B) Information about the background of 'Major Technical Changes'

C1 – The requirements for the Division method of area classification are applicable only for users of this standard intending qualification for these areas.

C2 – The design requirements for safety showers and eyewash units have been included for harmonization and for added safety.

This bilingual version (2017-12) corresponds to the monolingual English version, published in 2015-09.

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

FDIS	Report on voting
31/1190/FDIS	31/1199/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

International standards are drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

This standard is intended to be used in conjunction with IEC/IEEE 60079-30-1:2014, *Explosive atmospheres – Part 30-1: Electrical resistance trace heating – General and testing requirements*.

A list of all parts of IEC 60079 series, under the general title *Explosive atmospheres*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 60079-30-2:2015

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 30-2: Electrical resistance trace heating – Application guide for design, installation and maintenance

1 Scope

This part of IEC 60079 provides guidance for the application of electrical resistance trace heating systems in areas where explosive atmospheres may be present, with the exclusion of those classified as requiring EPL Ga/Da (traditional relationship to Zone 0 and Zone 20 respectively). This standard also provides guidance for explosive atmospheres incorporating the Division method of area classification that may be applied by some users of this standard.

NOTE Information on the Division method is given in NFPA 70 and CSA C22.1.

It provides recommendations for the design, installation, maintenance and repair of trace heating systems including associated control and monitoring equipment. It does not cover devices that operate by induction heating, skin effect heating or direct pipeline heating, nor those intended for stress relieving.

2 Normative references

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

IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

IEC 60079-15, *Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection “n”*

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-426, IEC 60079-0 and IEC/IEEE 60079-30-1 apply.

4 Application considerations

4.1 General

This part of IEC 60079 supplements the requirements specified in IEC 60079-14, IEC 60079-17 and IEC/IEEE 60079-30-1.

Where trace heating systems are to be installed in explosive atmospheres, full details of the area classifications shall be specified. The specification shall state, as applicable, the

required equipment protection levels Gb, Gc, Db, and Dc (traditional relationship to Zone 1, Zone 2, Zone 21, and Zone 22 respectively), and/or the Division 1 and Division 2 explosive atmospheres, the gas or dust groups, and temperature classification. Where special considerations apply or where site conditions may be especially onerous, these conditions shall be detailed in the trace heating specification.

The specification for heating systems to be installed on mobile equipment or skid units (e.g. re-locatable structures) should accommodate the adverse conditions in which the trace heating system may be used.

Where any parts of the trace heating system are likely to be exposed, those parts should be suitable for the environment.

4.2 Corrosive areas

All components of electric trace heating systems should be examined to verify that they are compatible with any corrosive materials that may be encountered during the lifetime of the system. Trace heating systems operating in corrosive environments have a higher potential for failure than in non-corrosive environments. Deterioration of the thermal insulation system is made worse by corrosion of the weather barrier and the possibility of moisture leaks soaking the thermal insulation.

4.3 Process temperature accuracy

4.3.1 Type I

A Type I process is one for which the temperature should be maintained above a minimum point. Ambient sensing control may be acceptable. Large blocks of power may be controlled by means of a single control device 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 or ambient proportional control techniques (see 6.14).

4.3.2 Type II

A Type II process is one for which the temperature should be maintained within a moderate band. Control by mechanical thermostats is typical.

4.3.3 Type III

A Type III process is one for which the temperature should be controlled within a narrow band. Electronic controllers using thermocouple or resistance-temperature detector (RTD) process temperature sensors 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.

4.4 Installation considerations

If failure of any part of the trace heating system can result in a safety or process problem, then the trace heating system may be considered to be a critical component of the total process. The temperature control and circuit monitoring requirements of an application may be defined according to the temperature control types described in 4.3.

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

5 Thermal insulation

5.1 General

The selection, installation and maintenance of thermal insulation is a key component in the performance of an electrical trace heating system. The thermal insulation system is normally designed to limit 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 primary function of thermal insulation is to reduce the rate of heat transfer from a surface that is operating at a temperature other than ambient. This reduction of energy loss may:

- reduce operating expenses;
- improve system performance;
- increase system output capability.

Prior to any heat loss analysis for an electrically traced pipeline, vessel or other mechanical equipment, a review of the selection of the insulation system is recommended. 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 with consideration for optimum trace heater design;
- selection of the proper insulation size.

Information about the equivalent thickness of insulating cements is given in Annex H.

5.2 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 optimised according to the operator's criteria:

- temperature rating;
- thermal conductivity, λ , 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 largest 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 board sections are cut to fit the longitudinal joint. This type of installation technique is commonly referred to as an extended leg installation. Alternatively, the next largest insulation size may be selected to accommodate the trace heater. In all cases, the insulation size and thickness should be clearly specified.

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

Non-insulated or partially insulated pipe supports or equipment require additional heat input to compensate for the higher heat loss. Insulating cements or fibrous materials should be used to fill cracks and joints. Where insulating cements are used for total insulation of an irregular surface, a proportionally thicker layer of insulating cement may be applied to achieve the desired insulating capability.

5.3 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 wet thermal insulation. Some insulation materials, even though removed from the piping and force dried, never regain their initial characteristics after once being wet.

Straight piping may be weather-protected with metal jacketing, polymeric, 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, therefore specifications for elastomeric water sealing of cladding should be suitable for long term exposure to the environmental conditions.

The type of weather barrier used should, as a minimum, be based on a consideration of the following:

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

5.4 Selection of economical thickness to provide optimum trace heating design

At a minimum, an economic consideration of the insulation weighs the initial costs of the materials and installation against the energy saved over the life of the insulation. 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.

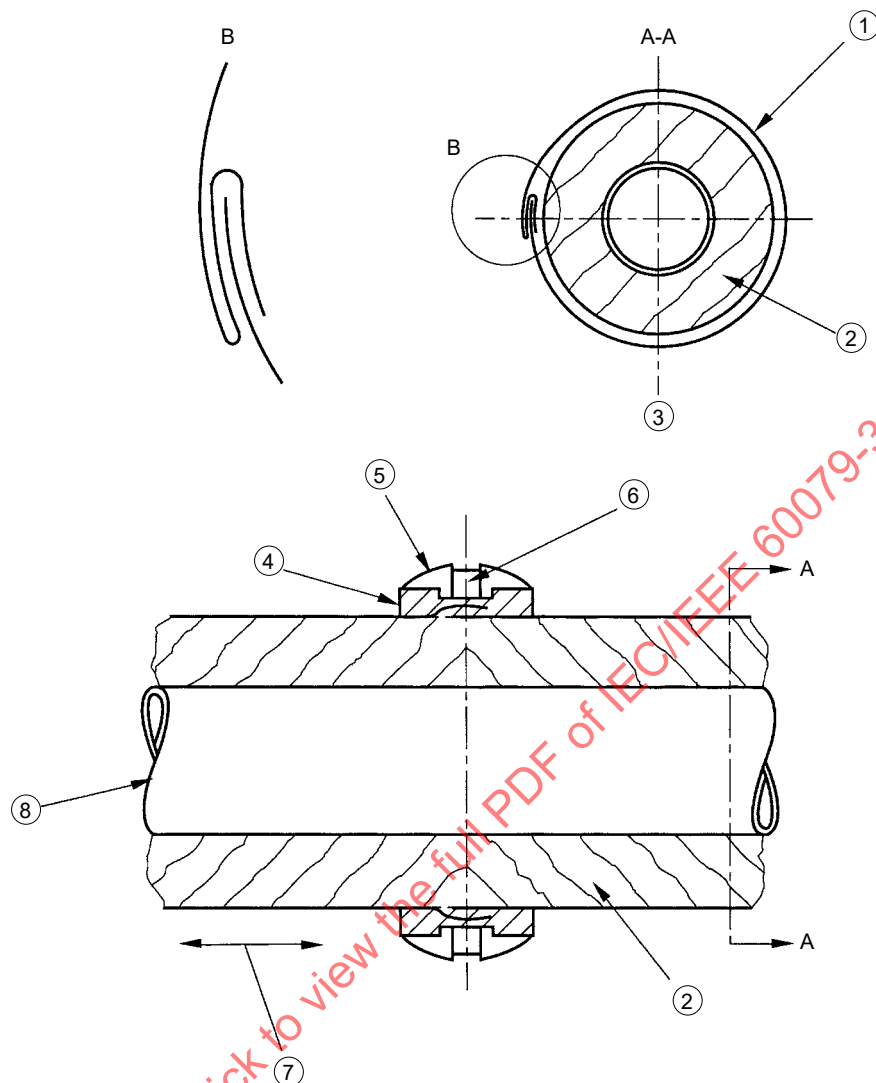
The insulation thickness selected for economic consideration of non-traced portions of a system does not necessarily provide for an optimum or acceptable trace heating system design and installation. Consideration of the electric trace heating design should be made in conjunction with the selection of insulation. Selection of an optimum insulation thickness for electric traced lines can do the following:

- reduce the power output level necessary for each trace heater;
- increase the length of trace heater circuits;
- decrease the number of circuits required;
- decrease the total power required for electric trace heater systems.

5.5 Double insulation

The double insulation technique may be employed when the pipe temperature exceeds the maximum allowable temperature of the trace heater. Prevention of the freezing of condensate in high-temperature steam lines when these lines are not in use is a typical application. It consists of locating the trace heater 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. This relationship is illustrated in Figure 2. Note that maximum ambient temperature conditions should be considered in this determination. Consideration should be given to joint installation and alignment of the inner insulation to account for thermal expansion of the piping.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 60079-30-2:2015

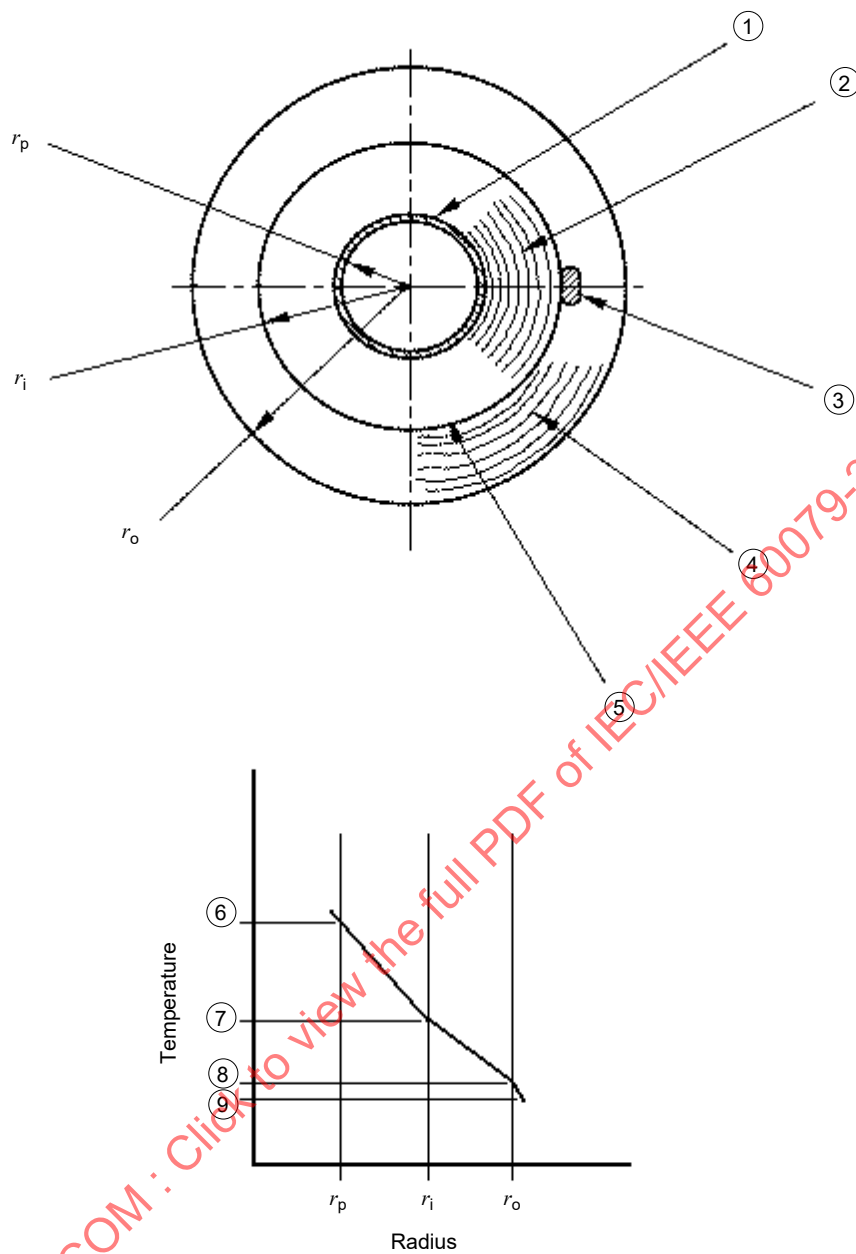


IEC

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



Key

- | | |
|--------------------------|--|
| 1 pipe | 6 maximum temperature pipe |
| 2 inner insulation layer | 7 interface temperature |
| 3 trace heater | 8 outer insulation surface temperature |
| 4 outer insulation layer | 9 ambient temperature |
| 5 metal foil (aluminium) | |

Figure 2 – Typical temperature profile

IEC

6 System design

6.1 General

Each trace heating application imposes unique demands on the designer to achieve the desired temperature and maintain it within the specified conditions. Trace heating systems necessarily interface with other specified items of equipment such as thermal insulation and the electrical supply available to power the system. The final system is an integration of all these component parts so the values of these interface items have to be known and controlled in order to design systems that perform as required.

The design of any trace heating system should conform to all IEC/IEEE requirements for the use of electrical equipment and with the requirements of this standard. Consideration should be given as to the maintenance of the systems and process equipment, to energy efficiency, and to testing the installed systems for operational satisfaction and safety.

Considerations that affect the efficiency of trace heating design are insulation thickness and supply voltage. Insulation type selection is generally made based on temperature and environmental conditions. The insulation thickness selected for traced lines should be made in conjunction with the trace heater selection, to provide an optimum trace heating design. See 5.4 for additional discussion of this topic. Selection of the supply voltage to be applied to trace heating circuits can greatly influence the overall power supply and economics of the system.

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.

When designing trace heating systems for use in explosive atmospheres, additional constraints are imposed due to the requirements and classification of the area under consideration.

The details of each circuit design should be recorded on a form such as the example indicated in Table A.1 and retained.

Information about design for heat loss calculations and examples is provided in Annex E for pipes and in Annex F for vessels.

6.2 Purpose of, and major requirement for, trace heating

Trace heaters should be selected and installed so as to provide sufficient power for:

- a) compensation of heat loss when maintaining a specified temperature of a workpiece at the specified minimum ambient temperature; see calculation method in IEC/IEEE 60079-30-1; or
- b) raising the temperature of a workpiece, and its contents when specified, within a specified time period; see calculation method in 6.6; or
- c) a combination of a) and b).

The trace heater selection shall consider the determination of the maximum possible sheath temperature under adverse conditions as specified in IEC/IEEE 60079-30-1. The methods employed include the product classification method, stabilized design, and controlled design.

The temperature may be reduced, for example, through adjustments to the system parameters, by the use of multiple tracers to reduce the power produced per unit length, or by the selection of the temperature control system. The excess of installed power over the power as required, and the way in which trace heaters are applied, installed and operated shall not be the cause, not even after evaluation of worst-case conditions, of any unacceptable risk in explosive atmospheres.

The manufacturer of the trace heating is required to establish the design calculations and methods. The end user is constrained to the design calculations and methods specified by the manufacturer.

6.3 Training

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

6.4 Selection of trace heater

6.4.1 General

For a particular application, there are some basic design characteristics that should be reviewed to determine the choice of trace heater(s). These are as follows.

- a) The maximum withstand temperature of the trace heaters shall be greater than the maximum possible workpiece temperature (which may be greater than the normal maintain temperature).
- b) Trace heaters should be suitable for operation in the environmental conditions specified, for example, a corrosive atmosphere or a minimum ambient temperature.
- c) Trace heaters shall be certified for use in the particular explosive atmosphere.

For any application, there is a maximum allowable power density at which a trace heater can be used without damaging either the workpiece or its contents. This is particularly critical in certain cases, such as with lined pipes, vessels containing caustic soda or with heat sensitive materials. The maximum allowable power density shall be recorded in the system documentation. Multiple tracing or spiralling of a single trace heater may be required.

6.4.2 Site-fabricated trace heaters

Site-fabricated trace heaters are permissible provided:

- installation personnel are trained in the special techniques required;
- trace heaters are certified for site-fabrication;
- the installation instructions supplied by the manufacturer cover site-fabrication;
- trace heater(s) pass the field (site work) tests specified in 8.5.5;
- trace heater(s) is/are marked in accordance with IEC/IEEE 60079-30-1.

Trace heater(s) not excluded by the above considerations are technically suitable for the application, but it is still necessary to determine the maximum allowable power density of each. This is a function of the construction, the maximum withstand temperature, the maximum operating temperature and maximum permissible temperature of the workpiece and thermal insulation.

For each particular trace heater, the maximum allowable power density shall be determined from the manufacturer's data that is based on tests specified in IEC/IEEE 60079-30-1. The value used shall be chosen so that the maximum withstand temperature is not exceeded. The limiting value of maximum allowable power density for each trace heater is either the value chosen from the manufacturer's data or that specified for the process, whichever is the lower. However, the power density may be further limited by the need for multiple tracing.

The designer may then select the type, length or size and loading of the trace heater. The actual installed load should be not less than the design loading and the actual power density not greater than that obtained above. The type of trace heater and the values of installed load and power density should be recorded in the system documentation.

6.4.3 Specific types of trace heating

The series and parallel types of trace heating are generally defined by their electrical characteristics.

Series trace heaters typically use the electrical conductor as the heating element, so 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 maintenance. 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 process temperature maintenance of complex piping installations. The constant wattage type typically has a spirally wound metallic heating element.

The PTC type 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 operating temperatures than the constant wattage type.

6.5 Maximum temperature determination

6.5.1 General

It is important that the maximum sheath temperatures of trace heaters are determined accurately for all applications in explosive atmospheres. It is imperative that the circuit designer follows all guidelines, specifications, and design methodology provided by the manufacturer in accordance with IEC/IEEE 60079-30-1. Some examples of why it is important to determine the maximum sheath temperature of the trace heater are:

- a) applications such as non-metallic piping where the maximum temperature of the trace heater may approach the maximum withstand temperature of the workpiece, the thermal insulation, or other components of the system;
- b) applications that have no control or ambient sensing control, and that have potentially high tracer sheath temperatures at equilibrium;
- c) critical applications where a high degree of process temperature accuracy is required;
- d) applications in explosive atmospheres where it is assumed that the controlling thermostat is not functioning, such that the tracer sheath temperature cannot exceed the ignition temperature or T-rating of the gas, vapour, or combustible dust expected in that location.

It is important that the circuit designer understands that there are three possible measures for protecting the tracing system from exceeding the high-limit temperature – the PTC characteristic of the trace heater, the use of a limiter or control device, and by stabilized design calculations. The methods and limitations for the evaluation of maximum temperature are provided in IEC/IEEE 60079-30-1.

When multiple trace heaters (especially on installations with multiple flow conditions) are grouped together under a single temperature control device, each design condition shall be analysed as a stabilized design.

6.5.2 PTC characteristic

Trace heaters that significantly reduce power with an increase in temperature, i.e. positive temperature coefficient trace heaters, can be assigned temperature classes by testing (as given in IEC/IEEE 60079-30-1). In many applications further temperature limiting control measures are not necessary, provided that the temperature class of the trace heater is lower in temperature than that specified for the application. Nevertheless the limiter and stabilized design measures can be applied to operate the system in a narrower band of process temperatures.

6.5.3 Stabilized design

Stabilized design is based on the principle of determining the maximum workpiece and trace heater sheath 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 include:

- a) maximum ambient temperature, typically assumed to be 40 °C unless otherwise specified;
- b) no wind (still air);
- c) use of a conservative or minimum value for the thermal conductivity of the thermal insulation;
- d) no temperature control by design or to simulate a failed temperature controller;
- e) the trace heater is operated at its stated operating voltage plus 10 %;
- f) 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.

Specific requirements for stabilized designs are found in IEC/IEEE 60079-30-1. Testing for stabilized design is also defined in IEC/IEEE 60079-30-1. Typically the maximum sheath temperature of the trace heater is calculated from formulae derived from the evaluation of empirical data and by the theoretical approach described in the Annex of IEC/IEEE 60079-30-1 for the trace heater product design verification methodology. Alternatively, design programs that calculate the maximum sheath temperature on the basis of these worst-case parameters may be used.

6.5.4 Controlled design

A temperature limiter/control device shall prevent the trace heater from exceeding the high-limit temperature by typically sensing:

- a) the temperature of the workpiece or other application components;
- b) the temperature on the sheath of the trace heater;
- c) parameters other than temperature, such as current.

The temperature limiter/control system shall open the circuit if a malfunction occurs in the sensor or the limiter/control device. Specific requirements for controlled designs are found in IEC/IEEE 60079-30-1.

A control and monitoring system shall be used which meets the application requirements of this standard that is appropriate to the application considerations. Refer to Clause 7.

6.6 Heat up and cool down 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, or that it may be necessary to consider cool down times. Heat up and cool down considerations are given in Annex G.

6.7 Design information

6.7.1 Design information documentation

To help ensure a workable trace heating design, the design function should be furnished with up-to-date process and piping information and should be updated with any specification and drawing revisions that pertain to the trace heating system. Any or all of the following may be applicable:

- a) Process parameters:
 - 1) Area classification documentation including applicable ignition temperatures

- 2) System flow diagram
- 3) Equipment detail drawings (pumps, valves, strainers, etc.)
- 4) Process procedures that would cause elevated pipe temperatures, that is, steam out or exothermic reactions
- b) Piping parameters:
 - 1) Equipment layout drawings (plans, sections, etc.)
 - 2) Pipe drawings (plans, isometrics, line lists, etc.)
 - 3) Piping specifications
 - 4) 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.
- c) Thermal insulation requirements and data:
 - 1) Thermal design parameters
 - 2) Thermal insulation specifications
 - 3) Thermal insulation schedules
 - 4) Bills of material
- d) Electrical parameters:
 - 1) Electrical drawings (one lines, elementaries, etc.)
 - 2) Electrical equipment specifications
 - 3) Equipment details
 - 4) Equipment installation and instruction manuals
 - 5) Bills of material

6.7.2 Isometric or trace heater configuration line lists and load charts

Each trace heater circuit design should include the following information:

- a) Design data:
 - 1) Area classification, including the lowest ignition temperature for each area if applicable
 - 2) Piping designation or line number
 - 3) Pipe size, rating and material
 - 4) Thermal insulation type, nominal size, thickness, and k -factor
 - 5) Trace heater designation and/or circuit number
 - 6) Temperature to be maintained
 - 7) Maximum process temperature
 - 8) Minimum ambient temperature
 - 9) Maximum exposure temperature (when applicable)
 - 10) Maximum sheath temperature (when required)
 - 11) Heat loss at desired maintenance temperature per unit length of pipe
 - 12) Heat up parameters (when required)
 - 13) Watts per unit length of trace heater at desired maintenance temperature
 - 14) Watts, total
 - 15) Circuit current, start-up and steady state
 - 16) Bills of material
- b) Installation drawings:
 - 1) Isometric equipment installation drawings

- 2) Piping location with line numbers
- 3) Location of power connections, end seals, and temperature sensors as applicable
- 4) Length of piping
- 5) Trace ratio of trace heater per length of pipe
- 6) Length of trace heaters
- 7) Extra length of trace heater applied to valves, pipe supports, and other heat sinks
- 8) Operating voltage
- 9) Power distribution panel number or designation, the alarm and control equipment designation, and set points

6.8 Power system

The power system for an electric trace heating system consists of the power source, distribution transformers, and the heat tracer distribution system. Refer to IEC 60364-1 for specific information.

Since the power source is a key factor in the overall design of an electric trace heating system, it is recommended that voltage levels and physical location be determined in the early stages of the design.

The kilovoltampere (kVA) ratings of the distribution transformers should be based on the maximum design operating load, plus consideration for circuit startup and selected spare capacity. Maximum design operating load and startup loads should be based on minimum startup temperature. To optimize transformer size, consider startup of the fewest possible circuits at a time. Transformer kVA rating should be at least 125 % of computed maximum load due to trace heater currents during cold start up. A power system may require several distribution transformers, depending on the magnitude and physical distribution of the trace heating loads. The distribution transformer secondary should be an earthed system.

The physical location of the distribution system should be considered in relation to the piping system when developing the distribution system. Whenever practical, locate the panels in unclassified and noncorrosive areas. The selection of the distribution panel enclosure is based on the environment and area classifications. All enclosures should have the specific system identification clearly marked on the outside, and the circuit directories should be easily accessible. The branch circuit wiring of each trace heating circuit requires an over-current protective device. Selection of branch circuit protective device ratings should be based on heater start-up currents and their duration at the minimum temperature the heating device may experience until design operating conditions are reached.

The recommended number of heating devices or segments should not exceed five on a single protective device.

6.9 Earthing requirements

Earthing requirements include the following:

- a) The electrically conductive covering of the trace heater shall be connected to the earthing system to provide for an effective earth path.
- b) In applications where the primary earth path is dependent on the electrically conductive covering, the chemical resistance of the material shall be considered if exposure to corrosive vapours or liquids might occur.
- c) Stainless steel type braids and sheaths typically have high resistance and may not provide effective earth paths. Consideration should be given to alternative earthing means or supplemental earthing protection.

6.10 Earth-fault protection of equipment

The trace heater branch circuit protection should be capable of interrupting high-impedance earth faults as well as short-circuit faults (see IEC/IEEE 60079-30-1). This shall 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. The preferred trip level is nominally 30 mA or 30 mA above any inherent capacitive leakage characteristic of the trace heater as specified by the trace heating supplier.

Where conditions of maintenance and supervision help 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 assure an acknowledged response.

6.11 Start-up at minimum ambient temperatures

The rating and characteristics of current protective devices should be appropriate for the trace heating systems where minimum ambient start-up conditions may occur. Refer to the trace heating supplier's instructions for additional details and recommendations in these cases.

6.12 Long trace heater runs

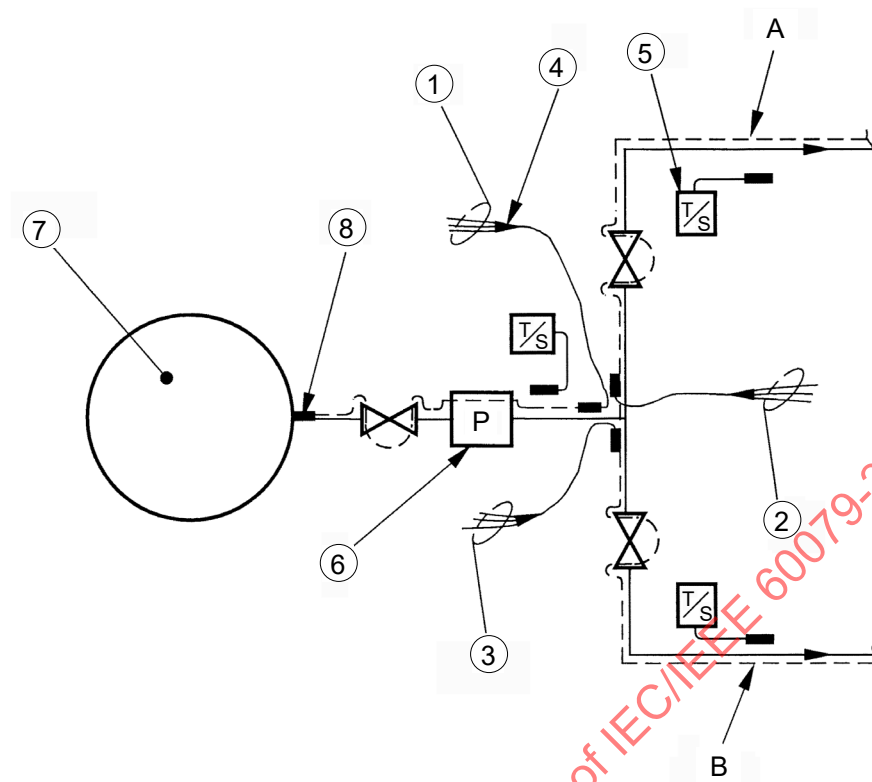
When parallel circuit trace heaters are used in long runs, the power density at the end of the run can be less than the power density at the beginning due to voltage drop. The temperature sensor should be located away from the trace heater and the power supply connection, as well as away from heat sinks.

6.13 Flow pattern analysis

Where critical temperature control is required, all possible flow conditions in the piping network shall be considered in determining the trace heating circuit segments. This is illustrated by the example shown in Figure 3. 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 4.

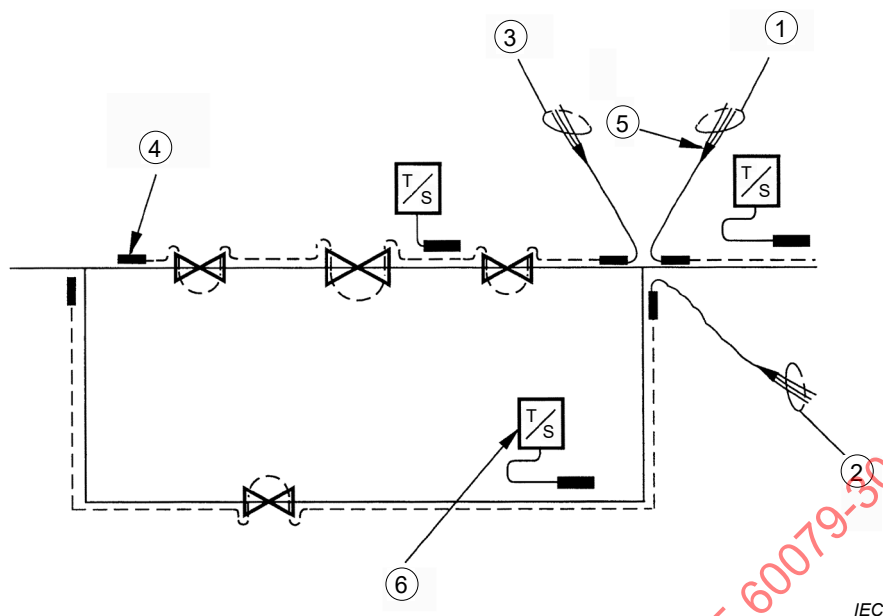
These are two examples of piping systems for which the circuit design needs close attention. Dead legs and manifold systems require particular arrangements of the trace heating devices and their associated controls.



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 3 – Flow pattern analysis 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 4 – Bypass example

6.14 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. The technique consists of locating or fabricating a section of pipe that:

- has 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 are heated. All sections that have static flow conditions at the same time then 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. This technique might not be applicable with temperature sensitive products.

Care should be taken that, first, the dead-leg section for control is long enough 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.

6.15 Chimney effect

Due to heat transfer effects, a substantial temperature difference from the bottom to the top of long vertical runs may occur. Where close temperature control is needed, two or more control circuits may be needed. The maximum control circuit length for a long, vertical run depends on the maintenance temperature tolerance and the fluid characteristics inside the pipe. The chimney effect may be reduced by utilizing tight fitting insulation or by installing air stops of soft insulation between the pipe and insulation at one to two metre intervals of the vertical rise.

6.16 Safety shower and eyewash station design requirements

The application of heating devices to safety showers and eyewash stations involves unique concerns in addition to the general practices associated with industrial pipe heating applications. Because these are applied as part of overall safety systems for personnel, attention to water temperature and reliability of operation is important. In addition, these applications require more precise temperature control to maintain a narrow range of water temperatures, unlike most pipe heating systems.

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. For safety of personnel, the water shall not exceed a maximum temperature as determined by local codes or standards (typically 16 °C to 35 °C). Specific maintenance temperatures may be required for emergency eye wash units and safety showers in some applications. Items to be considered include the following:

- a) Prevention of scalding during use requires attention to design factors beyond normal consideration.
- b) These same design considerations shall be applied to the supply piping for the stations.
- c) It is recommended to minimize or eliminate the safety factor applied to heat loss calculations to limit the possible maximum run away pipe temperature.
- d) Tempered water systems should be designed to maintain in the range of 16 °C to 35 °C.
- e) Tempered water systems are Type III processes for purposes of temperature control (see 4.3).
- f) High-limit temperature control with high-limit alarm is also required.
- g) Recommended monitoring functions include low-temperature alarm, loss-of-voltage alarm, and year-around periodic energization of the heater to verify circuit integrity.
- h) Consider control sensor location to minimize the effects of hot spots in supply piping resulting from long vertical runs and from solar gain in outdoor overhead piping.
- i) Long vertical runs or stretches of piping with high solar gain may require the use of separate circuits to prevent wide ranges in water temperature over the entire length of the supply system.
- j) Where possible, terminations and controls should be located outside the spray pattern of the shower head.
- k) Tempered water designs should have some method to deal with algae and bacterial growth, typically through periodic flushing or recirculation.
- l) In extremely cold climates, consideration has to be given to hypothermia of washed personnel (possible use of an enclosed wash station) and to the prevention of discharged water freezing and creating a hazard in the discharge area.

7 Control and monitoring

7.1 General

A control and monitoring system shall be used which meets the application requirements of this standard that is appropriate to the application considerations for various process types according to the degree of criticality and process temperature accuracy, as outlined in 4.3.

Control and monitoring equipment may provide control of temperature such that any high-limit temperatures are not exceeded, monitoring of the trace heater circuit for faults, over-current protection, and residual current protection and isolation. It is essential that any additional requirements for particular applications, specified by the trace heating system designer for the system, also fully meet operational and safety requirements.

Where possible, the temperature control and/or limiter device should be located outside of the explosive atmosphere. In case this is not possible, the protective device shall be suitably certified for use in these areas.

7.2 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 result in positional displacement actuating electrical contacts that make or break the circuit.

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

Selection of the temperature sensor used with a mechanical controller shall take account of the maximum temperature rating of the sensor and its component parts, and any corrosive conditions to which it may be subjected.

Field located capillary and bimetallic type thermostats shall be provided with a type of protection suitable for use in the explosive atmosphere classification appropriate to the installation.

7.3 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.

7.4 Application suitability

Freeze protection systems having a Type I (according to 4.3.1) process temperature accuracy requirement may only require a simple ambient air sensing control system. For improved energy efficiency and for process temperature accuracy Types II or III (according to 4.3.2 and 4.3.3 respectively), alternative or additional air-sensing or pipe-sensing controls should be considered.

Most process temperature applications are Types II or III, requiring sensing of pipe temperature and are often 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 conditions or the job specification 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.

7.5 Location of controllers

Electronic controllers are often grouped in a common cabinet that shall conform to the requirements of the explosive atmosphere classification, if applicable. Consideration should be given to grouping the controllers outside the explosive atmosphere. Where possible, temperature controllers should be sited to allow free and easy access for convenient maintenance and calibration.

7.6 Location of sensors

The number and location of sensors are determined by the requirements of the process design criteria.

- Sensors should be positioned at points that are representative of the maintain temperature.
- Where two or more trace heating cables meet or join, sensors should be mounted 1 m to 1,5 m from the junction.
- If a trace heater 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 shall be evaluated for all possible circumstances before selecting the sensor location. Detailed information on this evaluation is given in 6.13 and 6.14.
- The temperature sensor for control should be located to avoid direct temperature effects from the trace heater. The sensor should be securely mounted to insure good thermal contact with the workpiece.
- 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 may be located immediately adjacent to the trace heater with a set point at the material or system maximum allowable temperature, minus a safety margin.
- When using a high-limit temperature sensor to limit the sheath temperature in explosive atmospheres, the sensor may be located directly on the trace heater, or may be located away from the trace heater so as not to act as a heat sink. If located away from the trace heater, the set point needs to be lower than the specified high temperature limit setting (refer to clause 8.4.4.4) to compensate for the calculated differential between the pipe temperature and the sheath temperature.

7.7 Alarm considerations

7.7.1 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 process (see 4.3 and 4.4). Any, or all, of the alarms may be incorporated in data-logging equipment. Characteristics of the most common devices are listed in 7.7.2 to 7.7.4.

7.7.2 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:

- a) a current-sensing device which monitors the trace heater current and signals an alarm if the current drops below a pre-set minimum whilst the temperature switch is closed;
- b) a 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 installed within the trace heater;
- c) resistance-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.

7.7.3 Temperature alarms

Temperature alarms are used to perform the following functions.

- a) Low-temperature alarm: this indicates that the piping system and hence the process material temperature has fallen below a pre-set minimum and that subsequent cooling may be beyond acceptable operating design criteria. The alarm is incorporated with a temperature controller or fitted as a separate device.
- b) High-temperature alarm: this indicates that the piping system and hence process material temperature has exceeded a pre-set maximum temperature and that subsequent heating may be beyond acceptable operating design criteria. As with the low-temperature alarm, the alarm is incorporated with a temperature controller or fitted as a separate device.

7.7.4 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 a contactor 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 assure 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 single, selected current trip level 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 trips, 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 contact 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, of a data processing logic circuit or of temperature sensing devices.
- f) Disconnect device alarm: This alarm is activated by an auxiliary contact on the disconnect device to indicate that the disconnect device is open.

7.7.5 Integrated control

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

8 Recommendations for installation

8.1 General

Each electric trace heating system is designed to meet the requirements of the particular process and plant. Because the system comprises a number of components integrated at the site, it is necessary to assure that the plant parameters on which the design is based are still valid when the trace heating system is installed, and also that the components are installed correctly. Appropriate testing and maintenance are essential in order to assure satisfactory performance and safety.

8.2 Preparatory work

8.2.1 General

All preparation should be conducted in accordance with the design documentation, and every item listed in the following should be checked after completion.

8.2.2 Scheduling and coordination

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 shall 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 assure 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.

8.2.3 Confirmation of equipment

The equipment on site 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. The amount of trace heating depends on the numbers of these items. Whenever a change is made to the equipment to be traced, the schedule of trace heating materials shall be reviewed.

8.2.4 Receiving materials

Upon receipt of trace heating system components, a general inspection should be conducted including a confirmation of the correct type and quantities of materials and documentation. All trace heaters should be checked to verify catalogue type, product and package markings, power rating, voltage rating, quantity and special characteristics. In addition, receipt of installation instructions and the certificate of conformity or declaration of conformity from a notified body, as required, should be verified.

8.2.5 Warehousing and handling

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.

8.2.6 Personnel aspects

Persons involved in the installation and testing of electric trace heating systems should be suitably trained in all 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 for use in explosive atmospheres. Only specially trained personnel shall carry out especially critical work, such as the installation of connections and terminations.

8.3 Installation of trace heating circuits

8.3.1 Coordination and equipment verification

The workpiece drawings and design data of the trace heating circuits should be available for coordinating the installation work. Prior to installation, the as-built piping and other equipment should be checked against the workpiece drawings. Any changes compared with the drawings may necessitate modification of the trace heaters. The installation of the trace heating system should be coordinated with the piping, thermal insulation and instrument disciplines to assure a scheduled completion date.

The supplier of the trace heating system is required to provide specific instructions for the trace heaters and the various types of system components. Instructions for components and trace heaters suitable and intended for unclassified and explosive atmospheres use shall be clearly identified.

8.3.2 Pre-installation testing and design verification

The following tests shall be performed and documented on an installation checklist (see Table B.1). A list of typical items to be reviewed is included in Table 1. The installation conditions shall be reviewed for each circuit design, and the circuit designer shall be notified in the event of any discrepancies.

- a) Trace heaters shall be visually checked for damage. Continuity should be measured in accordance with Table B.1, and insulation resistance should be measured in accordance with 8.3.4. The results should be recorded on the installation checklist.
- b) Individual controls shall be tested to assure correct calibration including, but not limited to, set points, operating temperature range and span.
- c) Vendor fabricated and assembled control panels shall include documentation certifying that all wiring, layout and functions are correct and have been tested. Upon receipt of the control panels at the work site, a general inspection shall be made to confirm also that no damage has occurred in transit.

8.3.3 Visual examination

The trace heaters shall be completely free of physical damage. Connections preassembled at the factory shall be sufficiently rugged to withstand normally expected conditions during installation.

8.3.4 Insulation resistance test

Insulation resistance shall be measured from trace heater conductors to the electrically conductive covering with a minimum 500 V d.c. test voltage. However, it is strongly recommended that higher test voltages are 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.

8.3.5 Component substitution

Component substitution includes the following limitations:

- a) Components specifically listed in the supplier's installation or maintenance instructions shall not be substituted with similar parts unless the components are part of the certification.
- b) Other components specified in the supplier's installation or maintenance instructions may be substituted with any suitably rated component.
- c) Components that are part of a wiring system that supplies power to the trace heater may be substituted with any suitably rated component acceptable to the authority having jurisdiction.

8.3.6 Location of power supply

The power supply location shall be determined and specified prior to installation of the trace heaters. The junction boxes shall 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.

Table 1 – 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 See 8.2.2, 8.3.7.1 and 8.4.1
2	Is the surface upon which the trace heater is to be applied metallic (thermally conductive) 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 most recent documentation (working drawings, designs, and instructions) available?	No change shall be contemplated without reviewing the trace heating system documentation, as design calculations may need to be repeated to assure safe operation
8	Can pipes or surfaces expand and contract so as to cause stress on any part of the trace heating system 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 zig-zagged onto the workpiece, according to the design?	Check design loading per unit length of pipe (or surface area) to determine if spiral or zig-zag 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 assure 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 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, such as pipe supports, specified by the design documentation?	More or less lengths of trace heater may be required than was called for in the design. This may require for redesign of the circuit.
16	Are the trace heaters, controllers, junction boxes, switches, cable glands, etc., suitable for the explosive atmosphere classification and the environmental conditions and are they protected as necessary against corrosion and the ingress of liquids and particulate matter?	If the trace heater design does not meet the intended application, the circuit shall be redesigned and the system documentation shall be updated.

8.3.7 Installation of trace heaters

8.3.7.1 General

Trace heaters should be attached to the piping and equipment in accordance with the supplier's instructions, on a clean, smooth portion of the equipment. Special care should be

taken at flanges, valves and other fittings to orient trace heaters in such a manner as to avoid damage from sharp or jagged surfaces, as well as damage due to impact, abrasion or vibration. A check should be made to assure that the trace heater, termination(s) and cold lead(s) can 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 mass or heat sinks require additional tracing. A trace heater 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 supplier's instructions. Attention should be given to the supplier's minimum bending radii.

In the installation of trace heating systems, only genuine components may be used. Otherwise the system will not comply with the certificate.

Site-fabricated trace heaters are permissible. See 6.4.2.

8.3.7.2 Straight tracing runs on pipe

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.

8.3.7.3 Spiral tracing runs on pipe

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.

NOTE While spiral tracing may be more convenient on short runs or piping and equipment, multiple straight tracing runs are often preferred for ease of installation and maintenance.

8.3.7.4 Inline equipment such as valves

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 (such as gaskets at flange joints) and servicing of the inline equipment (such as valves and filters for strainers) without damage. Where permitted by IEC 60079-15 for non-sparking plugs and sockets, consideration should be given to installing quick disconnect devices on one or both sides of high maintenance inline equipment. Where trace heaters cross possible sources of leaks, for example, flanges, they should be positioned to minimize contact with the leaking medium.

8.3.7.5 Fixing and banding

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 2000 mm. Additional fixings should be applied at bends, flanges and other obstructions.

Metal bands or tie wire as recommended by the manufacturer 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. Overtightening may damage the trace heater.

8.3.7.6 Trace heaters insulation resistance test

The test procedure from 8.3.4 shall be conducted on all trace heaters after installation. The results shall be recorded on an installation record (see Table B.1).

8.3.8 Connections and terminations

8.3.8.1 General

It is essential that all types of trace heaters are terminated correctly. Connections and terminations completed at the worksite shall follow the supplier's instructions explicitly. Factory terminated equipment should be inspected to assure that such terminations are complete, properly tagged and/or marked in conformity with IEC/IEEE 60079-30-1. It is important for the installer to review the certifications, the temperature ratings of the connections and terminations, and their suitability for the operating conditions.

Series resistance trace heaters intended for site termination should be checked before installation to assure that the installed lengths correspond to the design length and loading. When mineral insulated trace heaters are terminated at the job site, the cut ends should be sealed immediately to prevent any moisture ingress. For parallel circuit trace heaters, the total circuit length should not exceed the supplier's recommendations.

8.3.8.2 Connection kits

The connection kits of a trace heater 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 its use or suitability.

8.3.8.3 Junction boxes

Trace heating circuits shall be connected into boxes that are certified for the appropriate methods of protection, and that have suitable ingress protection. Junction boxes 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.

8.3.8.4 Cold leads

Checks should be made to assure that the joints are waterproof, where applicable, and the bond to earth is valid. Cold leads, if used, should emerge from the surrounding thermal insulation in such a way that ingress of water or other contaminants is not possible. Cold leads should be protected where they exit through thermal insulation.

Cold leads shall be fitted or modified on site only in strict accordance with the supplier's instructions and conditions of use as specified by the certifications. Where cold leads have been jointed to metallic sheathed trace heaters by means of soldering or brazing, neither the trace heaters nor the cold lead should be bent near a brazed joint.

If permitted for the type of equipment, metal bands or wire as recommended by the manufacturer should be used on both sides of cold lead joints to prevent movement when fastening to pipe or equipment .

8.3.8.5 Trace heater entries and glands

Seals and/or glands supplied with trace heaters shall be certified. Glands shall be fully screwed into the box and compression applied to provide a complete seal. Unused entries shall be blanked off with suitable plugs. If unthreaded entries are used, the entry size shall provide sufficient clearance for the threaded section of the gland, with the gland backnut tightened against a compressible sealing washer to seal the gland in the enclosure.

Conductor terminations (8.3.8.9) should not be completed until after all other connections and the end termination have been assembled and the circuit insulation resistance test (8.3.8.8) is conducted.

8.3.8.6 Jointing, splicing and modifications

Jointing, splicing and modifications to the trace heater shall be carried out on site only in strict accordance with the supplier's instructions. Any such work on trace heaters in explosive atmospheres can invalidate the explosive atmospheres certification. This applies particularly to any modifications to trace heaters where any change in unit length alters the power density of the trace heater and affect the sheath temperature. Modifications shall be recorded in the system documentation.

8.3.8.7 End terminations

The end termination of a trace heater shall be securely fitted in accordance with the supplier's instructions and protected to avoid mechanical damage and the ingress of water or other contaminants that may adversely affect its use or suitability.

8.3.8.8 Trace heater circuit insulation resistance test

The test procedure from 8.3.4 shall be conducted on all trace heater circuits after installation. The results shall be recorded on an installation record (see Table B.1).

8.3.8.9 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.

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

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

8.3.8.10 Preparation of documentation

The type, length and electrical data of each trace heater shall be reviewed and recorded in the final documentation covering installation. The connection points and other system parameters shall be recorded in the installation documentation including the piping and instrumentation diagrams if necessary.

8.4 Installation of control and monitoring equipment

8.4.1 General

The installer is usually responsible for fixing the control and monitoring and distribution panels. These provide over-current and earth-leakage protection as well as means of isolation. Some form of temperature control or limitation is usually provided to assure safe temperatures or for energy efficiency purposes.

8.4.2 Verification of equipment suitability

The selected controllers, thermostats, sensors, and related devices shall meet the requirements of the overall system with regard to the service temperature, the IP (ingress protection) rating, and the method of protection. The certification of trace heating systems may prescribe the use of specific components. In these cases only parts specified by the manufacturer shall be used.

8.4.3 Temperature controller and monitoring devices

The sensors of the temperature controllers can be applied to the pipe or equipment, or can measure the medium temperature directly when used for Type II or Type III control, or can measure the ambient temperature when used for Type I control. The sensors are typically RTDs, capillary tube thermostats, and thermocouples.

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 cover or lid of a controller housing should be closed before, during and after installation, except when required for access.

8.4.4 Sensor considerations

8.4.4.1 General sensor installation

The sensor should be installed and positioned in accordance with the supplier's instructions. The control sensor should not be situated in areas of external radiant heat, solar gain, process heat discharge or close to a heated building. Care should be exercised to assure that the sensor can sense appropriate temperature conditions within a trace heated zone and away from the end of a pipe or a pipe support. Ambient temperature-sensing elements should be sited to not be exposed to direct sunlight or other sources of heat.

The sensor should be strapped in 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.

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

Excess capillary tube may be run under the thermal insulation unless the overall length exceeds 1 m, in which case the volume of the capillary may be such as to affect the calibration adversely.

Care should be taken to assure that the capillary tube, thermocouple or RTD leads emerge from the thermal insulation in a manner that does not allow the ingress of moisture.

In many cases the sensor location is defined during the system design phase. Considerations for sensor placement are defined in 7.6. The following sections describe installation considerations for specific installation methods.

8.4.4.2 Sensor installation for temperature controller

The sensor for the temperature controller is installed onto the surface of the pipe or equipment in a position that provides a temperature representative of the overall circuit. As illustrated in Figure 5, the sensor shall be positioned so as not to be influenced by the temperature of the trace heater, or other factors such as heat sinks and solar gain.

8.4.4.3 Sensor installation for temperature limiting device

The sensor for the temperature limiting controller is installed onto the surface of the pipe or equipment in a position that provides a temperature representative of the overall circuit. In order to assure that the safety temperature controller can accurately react to the maximum trace heater sheath temperature, particular attention shall be paid to the location, method of attachment and set point. This method of sensor installation is based on the known relationship between the equipment temperature and the heater sheath temperature at a given power output. Typical temperature limiting sensor installation is indicated in Figure 5.

It is important that the controller is set such that the heater sheath temperature does not exceed the high-limit temperature under worst-case conditions (e.g. voltage +10 %, tracer at upper limit of manufacturing power tolerance, heater out of contact with the pipe/equipment, maximum ambient, no external convection).

For trace heater circuits that are designed for use with voltage regulating devices, it may be necessary to install the sensors using the methods described in 8.4.4.4 and 8.4.4.5. These methods respond quickly to rapid changes in heater sheath temperatures caused by failure of the voltage control device.

8.4.4.4 Temperature limiting device with sensor on trace heater sheath

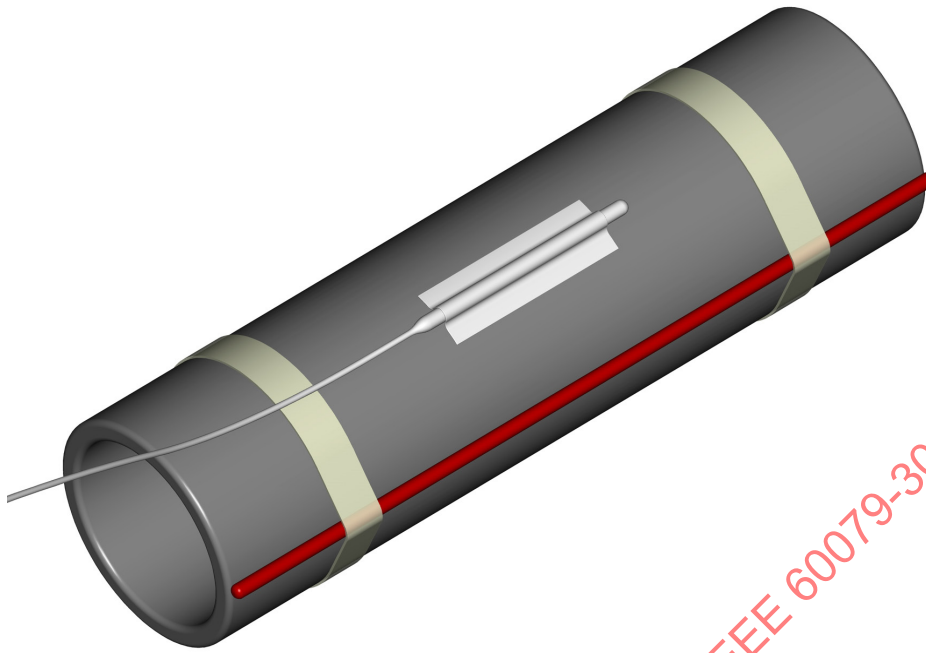
In Figure 6, the temperature sensor is mounted directly to the trace heater and the trace heater is in direct contact with the surface being heated. To insure accurate thermal coupling with the trace heater, it is necessary to install the sensor with metallic foil tape or heat transfer compound.

It is important to verify that the location is representative of the hottest point. The means to secure the sensor to the heater shall insure the sensor cannot loosen with time and temperature exposure, and that it cannot be loosened during future maintenance operations.

This method of sensor installation does not measure the hottest part of the tracer (which probably occurs at a point of no contact with the equipment). It should only be used with a controller setting that is below the high-limit temperature.

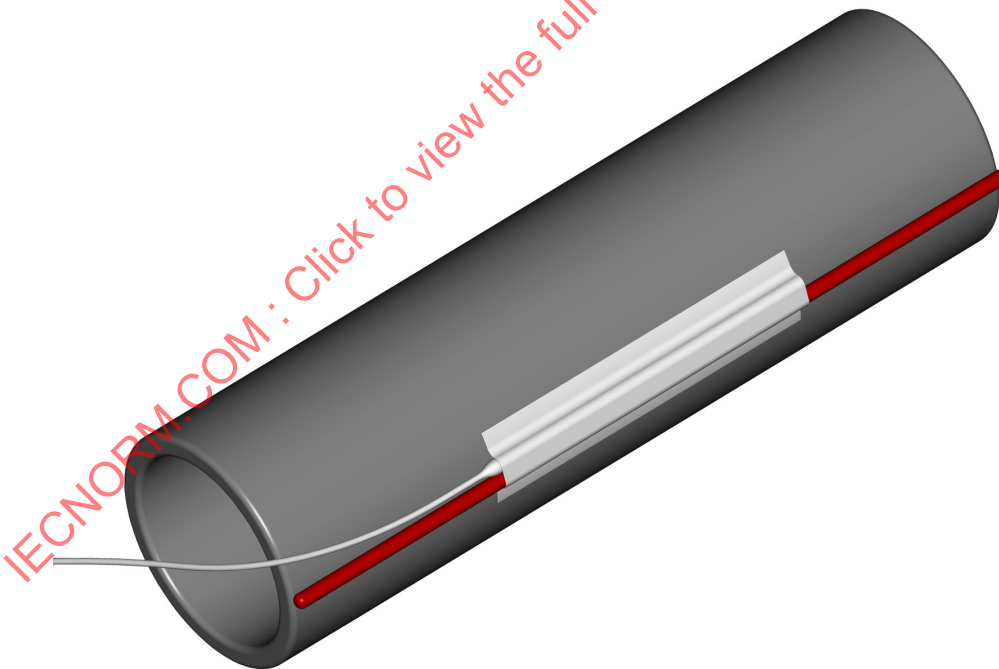
This method has the advantage that it minimizes over-temperature caused exclusively by the measuring point. In some cases, however, the measured hot spot temperature may be lower than the highest trace heater sheath temperatures at points with poor thermal coupling between the trace heater and the heated surface. This shall be taken into account in the limiter's temperature setting, just like the sensor's heat dissipation. These variances are a function of the ratio of the masses of the sensor and the trace heater (ratio of the diameters) and of the specific heating capacity (W/m).

The direct contact with the heated surface and the resulting thermal inertia may make it necessary to use an even lower setting in order to take transient phenomena (e.g. those caused by failed semiconductor contact elements) into account. In some cases it may be necessary to divide complex circuits into circuits with individual temperature limiters.



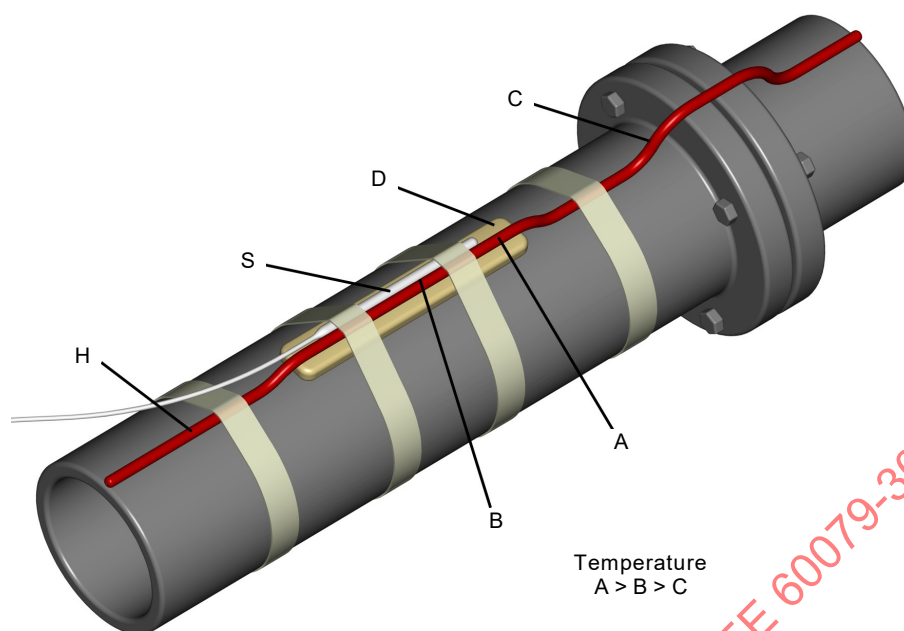
IEC

Figure 5 – Typical installation of control sensor and sensor for temperature limiting control



IEC

Figure 6 – Limiting device sensor on sheath of trace heater



Key

- H trace heater
- S temperature sensor
- A temperature of artificial hot spot
- B temperature at measurement point
- C point with poor thermal coupling (characteristic hot spot)
- D thermal insulation between trace heater and heated surface

Figure 7 – Limiting device sensor as artificial hot spot

8.4.4.5 Temperature limiting device with artificial hot spot

In Figure 7, the sensor is located to measure an artificial hot spot intending to represent the hottest point of the tracer. This may be a suitable alternative method when used with series trace heaters.

In cases where the method in 8.4.4.4 cannot reliably be utilized to coordinate to the system's worst case sheath temperature, the artificial hot spot method can provide some additional margin of safety. In this case thermal insulation is inserted between the trace heater and the surface being heated. The sensor for the temperature limiter is then installed in direct contact with the trace heater.

To assure that the temperature at the artificial hot spot is higher than the trace heater temperature at the point with poor thermal coupling (temperature C), the thermal insulation is about twice as long as the sensor. Because of the unavoidable heat dissipation of the sensor itself, the measured temperature B is indeed higher than temperature C, but lower than the actual temperature of hot spot A. This variance, which is a function of the ratio of the masses of the sensor and the trace heater (ratio of the diameters) and of the specific heating capacity (W/m), is taken into account in the limiter's temperature setting.

The advantage of this method is its extremely short reaction time to malfunctions such as controller failure, failure of the voltage control device, or overvoltage. In some cases it may be necessary to divide complex circuits into circuits with individual temperature limiters.

8.4.5 Controller operation, calibration, and access

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

The temperature control device and sensor loop shall be calibrated at commissioning. The controller shall be set to the required temperature and re-calibrated from the factory setting if necessary. A function check shall be made by adjusting the temperature setting until the controller is seen to energize the trace heater.

All measured data shall be documented.

8.4.6 Necessary modifications

Trace heating systems may be specified for verification of the maximum sheath temperature. If the temperatures measured deviate from the admissible sheath temperatures or from the design figures, corrective measures shall be taken and the system design shall be re-evaluated.

8.5 Installation of thermal insulation system (see also Clause 5)

8.5.1 General

The selection and application of the thermal insulation are key elements in the installation of an electric trace heating system. The function of thermal insulation is to reduce heat losses or heat gains when the equipment normally operates above or below the ambient temperature. Consequently, problems with the insulation have a direct effect on the performance of the system as a whole. Minimization of energy dissipation reduces the running costs, improves the system characteristics and enhances the system's heating capacity. Installation of thermal insulation shall conform to all applicable national standards and local regulations.

8.5.2 Preparatory work

Precautions shall be taken to protect trace heaters from mechanical damage and moisture intrusion after they have been installed and prior to the application of thermal insulation. Before starting the installation of thermal insulation, it is recommended that site engineering establish a liaison between the trace heaters installer and the thermal insulation contractor, so that the thermal insulation is applied as soon as possible after the installation and testing of trace heaters. The installed trace heating system shall have been tested in accordance with 8.3.8.8.

The following checks and procedures should be confirmed.

- a) Verify that the type, inside diameter, and thickness agree with the values used in selection of the trace heater(s). If the insulation thickness differs from the specification, the specified design temperatures cannot be met.
- b) For thermal insulation, temporary weather protection should be provided during storage, handling and installation to avoid the risk of moisture being trapped under the weather-protective coating or jacket.

8.5.3 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 assure that the trace heater and equipment are adequately covered. Other considerations include the following:

- a) It is essential to verify that the insulation thickness equals the specified nominal thickness at all points. Care shall 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 size can be used in order to accommodate the trace heater.
- b) 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.
- c) The thermal insulation should be cut and tightly fitted to avoid air gaps. Stagger segment joints on the horizontal plane to minimize convective heat loss.
- d) During application of the insulation, care shall be taken not to damage the electric trace heater. The positions of trace heaters, temperature sensors and other devices shall not be altered.
- e) 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.
- f) Care should be taken to avoid high halide content thermal insulation materials over trace heaters with an exposed stainless steel covering.

8.5.4 Cladding

Where metal cladding is specified, particular care should be taken to assure that bare edges of metalwork cannot 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 assure 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 shall be affixed to the cladding at intervals not exceeding 6 m to advise that an electric trace heating system is installed beneath the thermal insulation. These labels shall also be placed on the cladding over each valve or other piece of equipment that may require periodic maintenance.

8.5.5 Field (site work) circuit insulation resistance test

The test procedure from 8.3.4 shall be conducted on all trace heater circuits after installation, with the requirement that the measured insulation resistance shall not be less than 20 MΩ, except that MI trace heaters shall not be less than 5 MΩ.

8.5.6 Visual inspection

The visual inspection shall assure 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 cutouts 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 shall 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.

8.5.7 Documentation

The thermal insulation material and its thickness shall be documented.

8.6 Installation of distribution wiring and coordination with branch circuits

8.6.1 General

The branch circuit wiring of each trace heater circuit requires an over-current protective device. The size and type of distribution wiring, and the ratings of the branch circuit protective devices should be based on heater start-up currents and their duration at the minimum temperature the trace heater may experience.

8.6.2 Earth-fault protective device

An earth-fault protective device shall be provided as outlined in IEC/IEEE 60079-30-1.

8.6.3 Circuit protective device

It is necessary to check that:

- the protective device is sized correctly to the rated current (at initial and detailed inspections);
- the protective device is certified to all applicable national and international requirements, and to the requirements for the appropriate method of protection.

8.6.4 Tagging/Identification

Permanent tagging and identification shall be completed as follows and shall be verified for compliance with the marking requirements of IEC/IEEE 60079-30-1:

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

Marking shall be carried out in accordance with IEC/IEEE 60079-30-1 for each trace heating circuit, on the respective junction box.

8.7 Commissioning

8.7.1 Pre-commissioning check

The installation checklist given in Table B.1 should be completed and retained.

8.7.2 Functional check and final documentation

8.7.2.1 General

The trace heating system(s) shall be commissioned after the thermal insulation has been installed and the electrical distribution is completed. The trace heater commissioning record given in Table C.1 shall be completed and retained.

8.7.2.2 Functional check

The following functional checks should be conducted:

- 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 are operable. A bypass may be required at field contacts.
- c) Fill out the trace heater commissioning record (Table C.1) for each circuit. This shall clearly document all testing and commissioning data.
- d) Record the electrical insulation resistance values for each measurement taken according to the procedure given in 8.5.5.
- e) Record the applied voltage and resulting current after 5 min of energization, and pipe temperature if required.
- f) Verify that the alarm and monitor components operate as intended.
- g) Verify that the calibration check at the temperature controller setpoint has been performed and the controller has been set at this value.

8.7.2.3 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 electric trace heating systems.

Considering electric trace heating systems in explosive atmospheres, the form of the project documentation is specified in detail in the respective system description.

The documentation of each heating circuit of a trace heating system shall include the following elements:

- a) Design and testing documentation:
 - 1) Table of contents
 - 2) Piping layout showing the trace heating circuits and the location of power points, connections, splices, tees, end terminations, and temperature sensors for control and limitation
 - 3) For vessels: layout of the trace heating circuits
 - 4) Pipe and insulation list
 - 5) Individual circuit length of trace heaters
 - 6) Calculation and dimensioning data
 - 7) Material list
 - 8) Trace heater installation instructions
 - 9) Heater cabling plan
 - 10) Description of and installation instructions for temperature sensors
 - 11) Heater commissioning record (Table C.1)

- 12) Temperature profile measurement
- 13) Installation certificate
- b) Circuit diagrams or lists:
 - 1) Wiring and circuit diagrams or lists
 - 2) Terminal connection diagrams, switchgear with parts list
 - 3) Installation instructions
- c) Other:
 - 1) Technical descriptions and instruction manuals for the individual pieces of equipment
 - 2) Functional diagram as agreed to with the design engineer
 - 3) Certificates from a certification agency for explosive atmosphere equipment

9 Maintenance

9.1 General

It is recommended that the maintenance schedule given in Table D.1 should be undertaken at one year intervals or more frequent as required. More detailed inspection may be necessary in corrosive or other hostile environments or where there is a high risk of mechanical damage. The need for more frequent inspection should be determined by operational experience and by consultation with the user/occupier of the plant.

All maintenance activities should be recorded in a maintenance log (such as that shown in Table D.1) and retained in the system documentation.

9.2 Fault location

Specialized methods of fault location are necessary to find faults in electric trace heating systems covered by thermal insulation and metallic cladding, and advice should be sought from the electric trace heating system designer. Often faults are caused by mechanical damage, corrosion, overheating or ingress of moisture.

A brief outline of the steps that may be necessary is given below.

- a) The exact layout of the electric trace heating system should be determined from the system documentation. If this proves inadequate, an "induction" instrument operating at approximately 1 000 Hz should 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 should be located using a resistance bridge-type instrument.

9.3 Fault rectification

When the fault has been located, the defective component should be replaced or repaired in accordance with the requirements of this standard. Those parts of the installation that have been disturbed should be checked in accordance with Table C.1 and recorded in accordance with Table D.1.

10 Repairs

10.1 General

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

- a) It does not invalidate the certificate for certified apparatus. Any repairs to certified apparatus used in explosive atmospheres shall be strictly in accordance with any specific instructions incorporated in the certificate schedule.
- b) Design and construction characteristics of the trace heater are maintained, for example mechanical strength and water resistance.
- c) A method of repair is recommended in the trace heating system documentation using any special materials and tools.
- d) No local hazard is created in carrying out the repair.
- e) Personnel involved in repair have been trained in accordance with 8.2.6.

Subclause 8.3.5 covers the requirements for component replacement.

10.2 Practicability of repair to electric trace heaters

10.2.1 Mechanical damage

NOTE If the 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.

10.2.2 Damage due to corrosion

NOTE Where breakdown results from corrosive action and the damage is limited to a small area, a repair should normally be possible.

If the electrical trace heater has been damaged at more than one point or the damaged area is extensive, it should be replaced.

10.2.3 Damage due to overheating

Repairs should be carried out only when damage is limited to a small area.

If a system design fault is suspected, an evaluation of the trace heater system should be conducted.

10.3 Repair techniques for electrical trace heaters

10.3.1 General

NOTE Techniques employed in the repair of electrical trace heaters vary with the type of trace heater and its manufacturer. It is therefore outside the scope of this standard to detail actual methods.

Generally, the repair of an electrical trace heater takes the form of an in-line splice or a connection via a junction box.

General procedures that should be adopted are given in this clause. However, only those methods recommended by the supplier should be adopted and only materials or tools recommended by the supplier should be used.

10.3.2 In-line splice

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 insure 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 trace heater 150 mm on either side of the joint should not be bent when re-applied to the workpiece and good contact should be assured.

10.3.3 Connection via junction box

The repair shall not alter the performance of the trace heater circuit from its original design characteristics. Where cold leads are applied, the trace heater and repair joints should be firmly reattached to the workpiece to assure good contact. Fitting of cold leads and terminations into the junction box should be in accordance with the supplier's instructions.

10.4 Earthing

Where trace heaters are earthed by means of an electrically conductive covering, the integrity and continuity of the earth shall not be impaired by the repair.

10.5 Testing

The repaired trace heater circuit(s) shall be subjected to the tests described in 8.5.5 of this standard before re-installation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 60079-30-2:2015

Annex A (informative)

Example of design data record

Table A.1 gives an example of a design data record.

Table A.1 – Example of design data record

Location	System	Project Number	Reference Drawing(s)
SITE INFORMATION			
Minimum Ambient Temperature		Design Wind Speed	
Maximum Ambient Temperature		Design Safety Factor	
Installed:	Outdoors	Indoors	Severe (Corrosive) Environment
SYSTEM REQUIREMENTS			
Type I (Temperature Maintained above a minimum point)			
Type II (Process maintained within a moderate band)			
Type III (Process controlled within a narrow band)			
APPLICATION			
Pipelines	Vessels	Safety Showers	
Non-Metallic Pipe / Vessels		Pre-Traced Instrument Tubing	
Steam Condensate Lines (freeze protection)			
Allow Spiraling of tracer			
PROCESS INFORMATION			
Material in Pipe		Liquid / Gas / Vapor	
Pipe Maintenance Temperature		deg C	
Normal Process Operating Temperature		deg C	
Minimum Allowable Product Temperature		deg C	
Maximum Allowable Product temperature		deg C	
Maximum System Temperature (from process excursions, steamout, etc.)		deg C	
PIPING (VESSEL) SYSTEM			
Pipe (Vessel) Material		Schedule (Thickness)	
Special Conditions (lined pipe, etc.)			
Pipe Supports Method(s)	Direct Contact	Outside thermal insulation (preferred)	
THERMAL INSULATION SYSTEM			
Type	Thickness	K-value / Temp	
Maximum Exposure Temperature		deg C Installed Oversized	
Soft Insulation used (Valves, pumps)			
ELECTRICAL SYSTEM			
Voltage(s) Available	Volts	Phase	Hertz
Electrical Area Classification		AIT / T-Rating	
Determining Gas/Vapor (lowest AIT)			
Approvals required		IEC	PE Stamped Drawings
SPECIAL PROCESS HEATING CONSIDERATIONS			
Use this section only for Heat Up, Melt Out or other special heating requirements.			
Special Heating Requirement	Heat Up	Melt Out	Other, describe:
Volume of fluid / solid to be heated		Flowing / Non-flowing	
Allowable time to accomplish rise in temperature / change state			
Initial material temperature		Final material temperature	
Temperature when material changes state		Pipe Material	
Specific Heat	Solid	Liquid	Vapor
Density	Solid	Liquid	Vapor
Heat of Fusion or vaporization			
Prepared by	Company	Date	
Approved by	Company	Date	
Received by	Company	Date	

Annex B (informative)

Checklist for installation requirements

Table B.1 gives an example of a pre-commissioning check and trace heater installation record.

Table B.1 – Example of pre-commissioning check and trace heater installation record

Location	System	Project number	Reference drawing(s)
Line number	Trace heater number	Area classification	Temperature classification
Panel number	Location	Circuit number	Circuit amp/voltage
Trace heater manufacturer	Trace heater model	Trace heater wattage unit length/voltage rating	
Verify certification marking:			
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
NOTES: Continuity test on self-regulating trace heater only used for short or open circuit. Minimum acceptable insulation resistance shall be 20 MΩ when measured at the trace heater junction box. Minimum acceptable test voltage is 500 V d.c. However, 1 000 V d.c. recommended for MI, 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 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 manufacturer's instructions and circuit design			
4 Thermal insulation installation complete			
Continuity test			
Insulation resistance test			
SYSTEM INSPECTED			
5 Marking, tagging and identification complete (see IEC/IEEE 60079-30-1, Clause 6)			
6 Trace heater effectively earthed			
7 Temperature controls properly installed and set points verified			
8 Junction boxes all certified and closed			
9 Thermal insulation weather tight (all penetrations sealed)			
10 End seals, covered splices marked on insulation outer cladding			
11 Drawings, documentation marked as-built			
Performed by:		Company	Date
Witnessed by:		Company	Date
Accepted by:		Company	Date
Approved by:		Company	Date

Annex C (informative)

Example of trace heater commissioning record

Table C.1 gives an example of a trace heater commissioning record.

Table C.1 – Example of trace heater commissioning record

Location		System		Project number		Reference drawing(s)	
Line number		Trace heater number		Area classification		Temperature classification	
Panel number		Location		Circuit number		Circuit amp/voltage	
Trace heater manufacturer		Trace heater model		Trace heater wattage unit length/voltage rating			
Verify certification marking:							
TRACE HEATER INFORMATION							
Trace heater total design length				Trace heater total installed length			
Thermal insulation type				Thermal insulation thickness			
Workpiece maintain temperature				Maximum workpiece temperature			
TRACE HEATER TESTING (data from trace heater installation record)							
Electrical resistance (continuity) test, in ohms							
Electrical insulation resistance test, in megohms							
Test ambient temperature							
PERFORMANCE DATA		Volts a.c		Current in amperes			
	Panel	Field	Single-phase	Three-phase			
			Line	L1	L2	L3	Neutral
Start-up							
After 5 min							
After 4 h							
Ambient temperature at time of test							
Workpiece temperature at beginning of test				After 4 h			
Calculated watts per unit length ($V \times A/m$)				After 4 h			
TEMPERATURE CONTROL: type							
Trace heater controller		Ambient sensing		Workpiece sensing		Temperature setpoint	
High limit controller		Type		Location		Temperature setpoint	
Heating controls calibrated							
Heating controls operation verified							
ALARMS/MONITORING: type							
Temperature		High setting		Low setting		Operation verified	
Trace heater current		High setting		Low setting		Operation verified	
Residual current				Setting		Operation verified	
Loss of voltage						Operation verified	
Other						Operation verified	
RCD PROTECTION: type							
Setting		Measured current			Tested in operation		
Performed by:				Company		Date	
Witnessed by:				Company		Date	
Accepted by:				Company		Date	
Approved by:				Company		Date	

Annex D (informative)

Example of maintenance schedule and log record

Table D.1 gives an examples of a maintenance schedule and log record.

Table D.1 – Example of 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 good							
Insulation/lagging missing							
Presence of moisture							
Heating system components							
Enclosures, boxes sealed							
Presence of moisture							
Signs of corrosion							
Trace heater lead discolouration							
Heating and/or high limit controller							
Operating property							
Controller set point							
ELECTRICAL							
Insulation resistance testing (bypass controller if applicable) refer to 8.5.5 in this standard.							
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 min to 5 min							
Amps reading after 15 min							
Earth-fault current							
Comments and actions							
Performed by:					Company	Date	
Approved by:					Company	Date	

Annex E (informative)

Pipe heat loss considerations – Heat loss formula and example calculations

There are many variations of the general formula [Formula (E.1)] that defines the heat loss from a pipe. Some of these variations are simplifications made for the ease of calculation, conservative (high) values or similar reasons. Other variations reflect the absence of terms that are dependent on the insulation system. The variation selected is therefore dependent on the situation at hand and on the desired goal:

$$q = \frac{T_p - T_a}{\frac{1}{\pi \times D_1 \times h_i} + \frac{\ln(D_2 / D_1)}{2 \times \pi \times K_1} + \frac{\ln(D_3 / D_2)}{2 \times \pi \times K_2} + \frac{1}{\pi \times D_3 \times h_{co}} + \frac{1}{\pi \times D_3 \times h_o}} \quad (\text{E.1})$$

where

- q is the heat loss per unit length of pipe (W/m)
- T_p is the desired maintenance temperature (°C)
- T_a is the minimum design ambient temperature (°C)
- D_1 is the inside diameter of the inner insulation layer (m)
- D_2 is the outside diameter of the inner insulation layer (m) (inside diameter of the outer insulation layer when present)
- D_3 is the outside diameter of the outer insulation layer when present (m)
- K_1 is the thermal conductivity of the inner layer of insulation evaluated at its mean temperature (W/ m °C)
- K_2 is the thermal conductivity of the outer layer of insulation, when present, evaluated at its mean temperature (W/m °C)
- h_i is the inside air contact coefficient from the pipe to the inner insulation surface when present,
- h_{co} is the inside air contact coefficient from the outer insulation surface to the weather barrier when present (W/m² °C)
- h_o is the outside air film coefficient from the weather barrier to the ambient air (W/m² °C). Typical values for this term range from 3 W/m² °C to 284 W/m² °C for low (below 50 °C) temperature applications.

Formula (E.1) includes all common resistances to heat flow that may be present. For a typical insulation system consisting of a single type of insulation, no oversizing, and a metal weather barrier, Formula (E.1) reduces to Formula (E.2):

$$q = \frac{T_p - T_a}{\frac{\ln(D_2 / D_1)}{2 \times \pi \times K} + \frac{1}{\pi \times D_2 \times h_{co}} + \frac{1}{\pi \times D_2 \times h_o}} \quad (\text{E.2})$$

When a mastic weather barrier is used, Formula (E.2) reduces to Formula (E.3):

$$q = \frac{T_p - T_a}{\frac{\ln(D_2 / D_1)}{2 \times \pi \times K} + \frac{1}{\pi \times D_2 \times h_o}} \quad (\text{E.3})$$

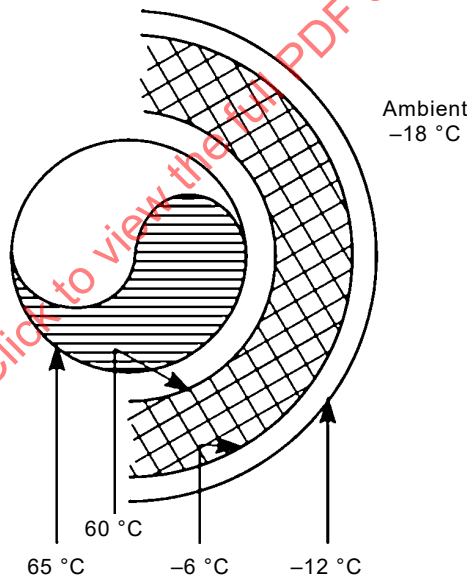
Finally, the $1/(\pi)(D_2)(h_o)$ term may be omitted to give a conservative (high) heat loss. Formula (E.3) then becomes Formula (E.4), which expresses heat loss per unit length:

$$q = \frac{2 \times \pi \times K \times (T_p - T_a)}{\ln(D_2 / D_1)} \quad (\text{E.4})$$

Formula (E.5) gives the total heat loss for a pipe of length L :

$$q = \frac{2 \times \pi \times K \times L \times (T_p - T_a)}{\ln(D_2 / D_1)} \quad (\text{E.5})$$

It should be noted that the film coefficients and insulation thermal conductivities are functions of temperature. Initially, the temperature at the location of each resistance is not known and should be assumed. Based on the initial temperature profile assumption, a heat loss and a new temperature profile is calculated. If agreement between the assumed temperature profile and the calculated temperature profile occurs, then a solution has been obtained. If not, then the calculated temperature profile should be used for the next assumed temperature profile and the calculation should be repeated (Figure E.1).



IEC

Figure E.1 – Assumed temperature gradients

Air film coefficients h_{co} , h_o , and h_i are effective values based on the combined heat losses from convection and radiation. The convective portion of these coefficients is highly dependent on the velocity of the air surrounding the surface. If the air is still, then heat loss from convection is denoted as free convection. If the air is circulated by wind, then the loss is termed as forced convection. Estimation of heat transfer coefficients from convection is based on experimental data. These data essentially relate Nusselt numbers to Rayleigh numbers for free convection (McAdams [B21]) and Nusselt numbers to Reynolds and Prandtl numbers for forced convection (Holman [B10] and McAdams [B21]). Because electric heat tracing systems are predominantly concerned with heat loss from cylindrical pipes in air at atmospheric pressure conditions, the empirical relationships describing these heat transfer rates can be simplified as follows.

Simplified formulae for laminar free convection in air at atmospheric pressure (McAdams [B21]) are shown in Formula (E.6) and Formula (E.7):

$$h = C_1 \times \left[\frac{T_s - T_{\text{amb}}}{d} \right]^{0.25} \quad \text{for horizontal pipes} \quad (\text{E.6})$$

$$h = C_2 \times \left[\frac{T_s - T_{\text{amb}}}{L} \right]^{0.25} \quad \text{for vertical pipes} \quad (\text{E.7})$$

where

- h is the heat transfer coefficient from free convection ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- C_1 is 1,32
- T_s is the temperature of cylindrical surface ($^\circ\text{C}$)
- T_{amb} is the temperature of surrounding ambient air ($^\circ\text{C}$)
- d is the diameter of cylindrical surface (m)
- C_2 is 1,42
- L is the vertical length of cylinder (m)

Simplified formulae for forced convection for a cylinder in air at atmospheric pressure (Holman [B10] and McAdams [B21]) are shown in Formula (E.8):

$$h_f = \frac{C_3 \times k_f}{d} \times \left(\frac{Vd}{\nu_f} \right)^n \times (\text{Pr})^{1/3} \quad (\text{E.8})$$

where

- h_f is the heat transfer coefficient from forced convection ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- C_3 is 0,266, the empirical dimensionless constant
- k_f is the thermal conductivity of air evaluated at the average air film temperature ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)
- d is the diameter of cylinder (m)
- V is the wind velocity (m/s)
- ν_f is the kinematic viscosity, evaluated at the average air film temperature (m^2/s)
- n is 0,805, the empirical dimensionless constant
- Pr is the Prandtl number for air evaluated at the average air film temperature (dimensionless)

NOTE C_3 and n are constant for Reynolds numbers in the range of 40 000 to 400 000, which is sufficient for most typical heat tracing applications. The Reynolds number (Re) is a dimensionless number defined as follows:

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu_f}$$

where these variables are defined identically to the variables in Formula (E.8).

Heat loss from radiation from a cylinder is described by the Stefan-Boltzmann law of thermal radiation (McAdams [B21]), as shown in Formula (E.9):

$$q_r = \sigma \times \varepsilon \times A \left[(T_1 + T_0)^4 - (T_2 + T_0)^4 \right] \quad (\text{E.9})$$

where

- q_r is the heat loss of cylinder (W)
- σ is $5,669 \times 10^{-8}$ (W/m² × K⁴)
- ε is the emissivity of radiating surface (dimensionless)
- A is the surface area of radiating cylinder (m²)
- T_1 is the surface temperature of cylinder (°C)
- T_0 is 273 °C, the constant converting temperature (°C) to absolute temperature (K)
- T_2 is the temperature of media surrounding the cylinder (°C)

Although radiation heat transfer is dependent on a fourth power temperature differential, it can be linearized for relatively small temperature differences and treated as an effective convective heat transfer coefficient as shown in Formula (E.10) and Formula (E.11):

$$h_r = 4 \times \sigma \times \varepsilon \times T_m^3 \quad (\text{E.10})$$

where

- h_r is the linearized radiation heat transfer coefficient (W/m² °C)
- T_m the estimated mean absolute temperature between the surroundings and the radiating surface (K)

$$T_m = T_0 + \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (\text{E.11})$$

where the variables are defined as in Formula (E.9).

Example heat loss calculations:

Pipe size: 3,5 in schedule 40 mild steel pipe.

Insulation: Cellular glass, 38 mm thick, with oxidized aluminum weather barrier (oversized to ASTM Standard 4 in nominal pipe insulation size to accommodate a 10 mm outer diameter electric tracer).

T_p is 65 °C

T_a is –18 °C

Wind is 10 m/s

D_2 is 0,194 m¹

D_1 is 0,116 m

Emittance of oxidized aluminum weather barrier is 0,11

Emittance of pipe is 0,9

¹ It is important to note that ASTM Standard thicknesses are nominal and may vary depending on pipe size and nominal insulation thicknesses. Therefore, it is important to know if the insulation thickness being specified is per ASTM C585 or if it is the actual thickness.

Emittance of insulation is 0,9

Thermal conductivity of insulation at 24 °C mean is 0,0562 W/m °C

Find: The heat loss per unit length of pipe in both metric and English units, for a horizontal pipe, using:

- Formula (E.4) (which results in the highest calculated heat loss)
- Formula (E.3)
- Formula (E.2)

Example 1 using Formula (E.4):

$$q = \frac{2 \times \pi \times K \times (T_p - T_a)}{\ln(D_2 / D_1)}$$

$$q = \frac{(2) \times (\pi) \times (0,0562) \times (65 - (-18))}{\ln(0,94 / 0,116)}$$

$$q = 56.96 \text{ W/m}$$

Example 2 using Formula (E.3):

$$q = \frac{T_p - T_a}{\frac{\ln(D_2 / D_1)}{2 \times \pi \times K} + \frac{1}{\pi \times D_2 \times h_o}}$$

$$q = \frac{(65 - (-18))}{\frac{\ln(0,194 / 0,116)}{2 \times (\pi) \times (0,0562)} + \frac{1}{(\pi) \times (0,194) \times (52,91)}}$$

$$q = \frac{(83)}{1,457 + 0,031}$$

$$q = 55.78 \text{ W/m}$$

Example 3 using Formula (E.2):

$$q = \frac{T_p - T_a}{\frac{\ln(D_2 / D_1)}{2 \times \pi \times K} + \frac{1}{\pi \times D_2 \times h_{co}} + \frac{1}{\pi \times D_2 \times h_o}}$$

h_{co} is the combination of natural convection and radiation. Using Formula (E.7) and Formula (E.10), and assuming a 6 °C temperature differential between the outer insulation surface and the weather barrier.

$$h_{co} = 1.32 \times \left[\frac{-6 - (-12)}{0.194} \right]^{0.25} + 4(0.9) \times (5.669 \cdot 10^{-8}) \times \left[273 + \frac{-6 + (-12)}{2} \right]^3$$

$$= 3,11 + 3,76$$

$$= 6,87$$

h_o is the combination of forced convection and radiation. Using Formulae (8) and (10), and assuming an 8 °C temperature differential between the weather barrier and the ambient temperature.

$$= h_f + h_r$$

The properties of air evaluated at the film temperature are as follows:

$$k_f = 0,0228 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$v_f = 1,07 (10^{-5} \text{ m/s})$$

$$\text{Pr} = 0,72$$

$$h_o = \frac{0.0266 \times (0.0228)}{0.194} \times \left[\frac{11.2 \times (0.194)}{1.07 \times 10^{-5}} \right]^{0.805} (0.72)^{1/3} + 4 \times (0.11) \times (5.669 \cdot 10^{-8}) \times \left[273 + \frac{-12 + (-20)}{2} \right]^3$$

$$= 52,49 + 0,423$$

$$= 52,91$$

From Formula (E.2):

$$q = \frac{(65 - (-18))}{\frac{\ln(0.194 / 0.116)}{2 \times (\pi) \times (0.0562)} + \frac{1}{(\pi) \times (0.194) \times (52.91)}}$$

$$q = \frac{83}{1,457 + 0,239 + 0,031}$$

$$q = 48.06 \text{ W/m}$$

A more in depth analysis of the preceding calculations may be obtained using iterative techniques to determine the thermal conductivity of the thermal insulation and properties of the air film. This would be accomplished by determining what the actual temperature drop across the various thermal resistances would be. However, because these properties are not strong functions of temperature for the small temperature changes that would be found in this example, the total heat loss would be affected minimally.

Annex F (informative)

Vessel heat loss considerations

F.1 General

Unlike pipes, vessel heat losses are affected by heat sinks that are integral to the vessel body and shall be considered during the basic calculation. To determine the total heat loss, the calculations are broken into different regions. The total is derived by summing the regional heat losses as shown in Formula (F.1):

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{ins}} + Q_{\text{slab}} + Q_{\text{supt}} + Q_{\text{manhole}} \quad (\text{F.1})$$

Because of the huge varieties of geometries and fluids, taking a strict theoretical approach to calculation of all possible heat loss rates results in a complex procedure. Most tank heating applications do not require such precision. The following formulae provides a conservative solution for vessel heat loss.

F.2 Insulation heat loss (Q_{ins})

The heat loss through the insulated vessel wall (Q_{ins}) is calculated with Formula (F.2). The worst-case heat loss assumption is made – that the vessel is full. Calculations for partially filled tanks are beyond the scope of this annex. In addition, the fluid film layer on the inside of the tank wall is ignored.

$$Q_{\text{ins}} = \left(\frac{T_p - T_a}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{\text{co}}} + \frac{1}{h_o}} \right) \times A \quad (\text{F.2})$$

where

Q_{ins} is the heat loss for region (W)

A is the tank surface area of insulated region (m^2)

T_p is the maintain temperature ($^{\circ}\text{C}$)

T_a is the minimum ambient temperature ($^{\circ}\text{C}$)

x is the thermal insulation thickness (m)

k is the thermal insulation conductivity at mean temperature ($\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$)

h_i is the inside air contact coefficient from the tank to the inside insulation surface ($\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)

h_{co} is the inside air contact coefficient from the insulation outer surface to the weather barrier ($\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)

h_o is the outside air film coefficient from the weather barrier or insulation outer surface to the ambient temperature ($\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)

F.3 Slab surface areas (Q_{slab})

If a tank rests directly on a concrete slab, then the heat loss through the bottom of the tank and the concrete slab is calculated in a similar fashion to “wet” areas. For slabs, the term T_{slab} is taken to be the temperature at the slab soil interface, and it replaces the minimum ambient temperature (T_a). Unfortunately, this temperature varies depending on the location under the slab because of the influence of two separate temperatures: the minimum ambient and the deep soil (T_{soil}). The temperature near the edge of the slab generally is lower than the temperature near the middle because the minimum ambient temperature has more of an effect near the outer edges.

When computers are available, the preferred approach to calculating this temperature involves performing a simple numerical nodal temperature analysis for various locations along the slab-soil interface. This approach relies on the fact that at steady state, there is no net heat transfer from any node and a series of simultaneous formulae can be generated. These formulae can then be solved for the temperature of each node using matrix math techniques. Once the temperature of each node is known, Formula (F.3) can be used to calculate the heat loss for that region of the slab:

$$Q_{\text{node}} = \left(\frac{T_p - T_{\text{node}}}{\frac{x_{\text{wall}}}{K_{\text{wall}}} + \frac{x_{\text{slab}}}{k_{\text{slab}}}} \right) \times A_{\text{node}} \quad (\text{F.3})$$

where

- Q_{node} is the heat loss for slab region between nodes (W)
- A_{node} is the surface area of region between nodes (m^2)
- T_p is the maintain temperature ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{node} is the calculated nodal temperature ($^{\circ}\text{C}$)
- x_{slab} is the thickness of concrete slab (m)
- k_{slab} is the concrete thermal conductivity at mean temperature ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)
- x_{wall} is the tank wall thickness (m)
- k_{wall} is the tank wall conductivity at mean temperature ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

The total heat loss through the slab would then be obtained by summing the nodal heat losses.

There are several analytic alternatives to the computerized nodal temperature analysis approach discussed previously. The analytic approach is usually based on breaking the slab heat loss into two components:

- a) The outer region, which treats the concrete slab as a fin, see Formula (F.4).
- b) The inner region, which uses an formula similar to Formula (F.3).

Typically, the analytic method yields higher heat losses than the nodal method.

F.4 Support heat loss (Q_{supt})

Supports or any other appurtenances that are in contact with the tank wall and extend through the thermal insulation are treated as infinite fins, and their heat loss is calculated using the generalized form of the fin formula as shown in Formula (F.4):

$$Q_{\text{supt}} = \sqrt{h_f \times P \times k_s \times A_c} \times (T_p - T_a) \times \varepsilon \quad (\text{F.4})$$

where

Q_{supt} is the heat loss for individual support (W)

A_c is the cross-sectional area of the section that protrudes through the thermal insulation (m^2)

P is the perimeter of A above (m)

T_p is the maintain temperature ($^{\circ}\text{C}$)

T_a is the minimum ambient temperature ($^{\circ}\text{C}$)

k_s is the thermal conductivity of support ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

h_f is the convection coefficient from the exposed support surface to the ambient air ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$)

ε is the efficiency of the fin. This is a user-definable value. In most cases, it should be set to 1,0.

F.5 Manhole heat loss (Q_{manhole})

If manholes or hand holds are in contact with the fluid, then their heat loss can be determined by using Formula (F.1). If they are not in contact with the fluid, they can safely be ignored.

F.6 Convection coefficient formulae

F.6.1 General

Convection coefficients are difficult to predict accurately because of the wide variety of geometric and fluid conditions encountered with tank heating. Fortunately, for insulated tanks, the effect that many of the coefficients have on overall heat loss is small. To simplify calculation of these coefficients, only three formulae are used. Note that heat transfer from radiation is included in the convection coefficient calculation, thus yielding an effective heat transfer coefficient.

F.6.2 Free convection, nonfluid surface, any orientation (h_i , h_{co} , h_o)

It is assumed that free (or natural) convection takes place whenever the wind speed is less than 0,45 m/s or the surface is enclosed. This is used for h_i and h_{co} for all cases, and for h_o when the wind speed is below 0,45 m/s. Formula (F.5) is based on the vertical wall convection model using constants as presented by Holman [B10]:

$$h_{\text{free}} = \frac{0.1 \times \left(\left(\frac{g \times (T_w - T_{\infty}) \times L^3}{\nu_{\text{air}}^2 \times T_f} \right) \times \text{Pr} \right)^{1/3} \times k_{\text{air}}}{L} + h_r \quad (\text{F.5})$$

where

- h_{free} is the effective free convection coefficient (W/m²°C)
 k_{air} is the thermal conductivity of air evaluated at the mean film temperature (W/m·°C)
 L is the characteristic length (m). Defined as follows:
 Vertical cylinders: height/2
 Horizontal cylinders: diameter/2
 Rectangular: height/2
 Spherical: diameter/2
 g is the acceleration of gravity (m/s²)
 T_w is the wall temperature (°C)
 T_{∞} is the bulk air temperature (°C)
 T_f is the mean film temperature $(T_w - T_{\infty})/2$
 ν_{air} is the kinematic viscosity of air evaluated at the mean film temperature (m/s²)
 Pr is the Prandtl number of air at the mean film temperature (dimensionless)
 h_r is the radiation component; see Formula (F.7)

F.6.3 Forced convection, any orientation (h_0)

It is assumed that forced convection takes place whenever the wind speed is greater than 0,45 m/s. This is used for h_o when the wind speed is greater than 0,45 m/s. Formula (F.6) is based on the plate model as presented by Becker [B6]:

$$h_{\text{forced}} = \frac{\frac{1}{Pr^{1/3}} \times \left(\left(0.037 \times \frac{V \times L}{\nu_{\text{air}}} \right)^{0.8} \times -871 \right) \times k_{\text{air}}}{L} + h_r \quad (\text{F.6})$$

where

- h_{forced} is the effective forced convection coefficient (W/m² °C)
 k_{air} is the thermal conductivity of air evaluated at the mean film temperature (W/m·°C)
 L is the characteristic length (m). Defined as
 Vertical cylinders: (height + diameter)/2
 Horizontal cylinders: (length + diameter)/2
 Rectangular: (length + width)/2
 Spherical: diameter/2
 V is the wind velocity (m/s)
 ν_{air} is the kinematic viscosity of air evaluated at the mean film temperature (m/s²)
 Pr is the Prandtl number of air at the mean film temperature (dimensionless)
 h_r is the radiation component; see Formula (E.7)

F.6.4 Radiation component, all coefficients (h_r , h_i , h_{co} , h_o)

Heat transfer from radiation is added to the pure convection value to arrive at an effective convection coefficient. The simplified formula for radiation as presented in Formula (E.10) is used:

$$h_r = 4 \times \sigma \times \varepsilon \times T_m^3 \quad (F.7)$$

where

h_r is the linearized radiation heat transfer coefficient ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

δ is $5,669 \cdot 10^{-8}$ ($W/m^2 \cdot K^4$), the Stefan-Boltzmann constant

ε is the emissivity of the radiating surface (dimensionless)

T_m is the estimated mean absolute temperature between the surroundings and the radiating surface (K)

$$T_m = T_0 + \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (F.8)$$

where

T_1 is the surface temperature of the cylinder ($^\circ C$)

T_0 is $273 \text{ } ^\circ C$, the constant converting temperature ($^\circ C$) to absolute temperature (K)

T_2 is the temperature of media surrounding the cylinder ($^\circ C$)

Annex G (informative)

Heat up and cool down considerations

G.1 Heat up

In certain plant operations, it may be necessary to specify that the heat tracing system be capable of increasing the temperature of a stagnant product to the pumping temperature within a certain time period. Formula (G.1) gives the relationship between heat up time and the heating device input for a pipe:

$$t = H \times \ln \left(\frac{q_c - U \times (T_i - T_a)}{q_c - U \times (T_f - T_a)} \right) + \frac{P_1 \times V_{cl} \times h_f}{q_c - U \times (T_{sc} - T_a)} \quad (G.1)$$

where

U is the heat loss per unit length of pipe per degree of temperature difference; Formula (G.2) is derived from Formula (E.1):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi \times D_1 \times h_i} + \frac{\ln(D_2 / D_1)}{2 \times \pi \times K_1} + \frac{\ln(D_3 / D_2)}{2 \times \pi \times K_2} + \frac{1}{\pi \times D_3 \times h_{co}} + \frac{1}{\pi \times D_3 \times h_o}} \quad (G.2)$$

where

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 [see Formula (G.3)]:

$$H = \frac{P_1 \times C_{p1} \times V_{c1} + P_2 \times C_{p2} \times V_{c2} + 0.5 \times P_3 \times C_{p3} \times V_{c3}}{U} \quad (G.3)$$

and

- P_1 is the density of product in the pipe (kg/m³)
- C_{p1} is the specific heat of the product (J/kg °C)
- V_{c1} is the internal volume of the pipe per length (m³/m)
- P_2 is the density of the pipe (kg/m³)
- C_{p2} is the specific heat of the pipe (J/kg °C)
- V_{c2} is the pipe wall volume per length (m³/m)
- P_3 is the density of the insulation (kg/m³)
- C_{p3} is the specific heat of the insulation per length (J/kg °C)
- V_{c3} is the insulation wall volume (m³/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 is the desired heat up time (s)
- U is the heat loss per unit length of pipe per degree of temperature (W/m °C)

- H is the thermal time constant (s)
- K_1 is the thermal conductivity of the inner insulation evaluated at its mean temperature (W/m °C)
- K_2 is the thermal conductivity of the outer insulation evaluated at its mean temperature (W/m °C)
- D_3 is the outside diameter of the outer insulation layer (m)
- D_2 is the outside diameter of the inner insulation layer (m)
- D_1 is the inside diameter of the insulation layer (m)
- h_{co} is the inside air contact coefficient of the weather barrier (W/m² °C)
- h_o is the outside air contact coefficient of the weather barrier to the ambient temperature (W/m² °C)
- h_i is the inside air contact coefficient from the pipe to the inside insulation surface (W/m² °C)
- T_{sc} is the temperature at which phase change occurs (°C)
- h_f is the latent heat of fusion for the product (J/kg)
- q_c is the heating cable output (W/m)

The preceding relationships also assume that system densities, volumes, thermal conductivities, and heat losses are constant over the temperature range of interest. Note that some products do not undergo a phase change during heat up. Although the model is representative of a straight pipeline, it does not have provisions for equipment such as pumps and valves.

G.2 Cool down

In static (no flow) conditions, with no additional heat from a trace heating device, the length of time to cool down can be calculated from Formula (G.4):

$$t = H \times \ln \left(\frac{U \times (T_f - T_a)}{U \times (T_i - T_a)} \right) + \frac{P_1 \times V_{cl} \times h_f}{U \times (T_{sc} - T_a)} \quad (G.4)$$

where

U is the heat loss per unit length of the pipe per degree of temperature difference and can be calculated from Formula (G.5):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi \times D_1 \times h_i} + \frac{\ln(D_2/D_1)}{2 \times \pi \times K_1} + \frac{\ln(D_3/D_2)}{2 \times \pi \times K_2} + \frac{1}{\pi \times D_3 \times h_{co}} + \frac{1}{\pi \times D_3 \times h_o}} \quad (G.5)$$

H is the thermal time constant; the total energy stored in the mass of the pipe, fluid, and insulation per degree of temperature divided by the heat loss per unit length per degree temperature differential and can be calculated by Formula (G.6):

$$H = \frac{P_1 \times C_{p1} \times V_{cl} + P_2 \times C_{p2} \times V_{c2} + 0.5 \times P_3 \times C_{p3} \times V_{c3}}{U} \quad (G.6)$$

where

- P_1 is the density of the product in the pipe (kg/m³)
- C_{p1} is the specific heat of the product (J/kg °C)

V_{c1}	is the internal volume of the pipe per length (m^3/m)
P_2	is the density of the pipe (kg/m^3)
C_{p2}	is the specific heat of the pipe ($\text{J}/\text{kg } ^\circ\text{C}$)
V_{c2}	is the pipe wall volume per length (m^3/m)
P_3	is the density of the insulation (kg/m^3)
C_{p3}	is the specific heat of the insulation ($\text{J}/\text{kg } ^\circ\text{C}$)
V_{c3}	is the insulation wall volume per length (m^3/m)
T_i	is the initial temperature of the pipe ($^\circ\text{C}$)
T_f	is the final temperature of the fluid and the pipe ($^\circ\text{C}$)
T_a	is the ambient temperature ($^\circ\text{C}$)
t	is the desired heat up time (s)
U	is the heat loss per unit length of the pipe per degree of temperature ($\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$)
H	is the thermal time constant (s)
K_1	is the thermal conductivity of the inner insulation evaluated at its mean temperature ($\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$)
K_2	is the thermal conductivity of the outer insulation evaluated at its mean temperature ($\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$)
D_3	is the outside diameter of the outer insulation layer (m)
D_2	is the outside diameter of the inner insulation layer (m)
D_1	is the inside diameter of the insulation layer (m)
h_{co}	is the inside air contact coefficient of the weather barrier ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
h_o	is the outside air contact coefficient of the weather barrier to the ambient temperature ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
h_i	is the inside air contact coefficient from the pipe to the inside insulation surface ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
T_{SC}	is the temperature at which phase change occurs ($^\circ\text{C}$)
h_f	is the latent heat of fusion for the product (J/kg)

Annex H (informative)

Method to determine equivalent thicknesses of insulating cements

Given: A pipe insulated with 25,4 mm (actual thickness) mineral wool with a thermal conductivity of 0,0447 W/ m°C at 37,8 °C mean temperature.

Find: The proper thickness of the insulating cement that has been reported by the manufacturer to have a thermal conductivity of 0,0706 W/m·°C at 37,8 °C mean temperature.

Solution, as shown in Formula (H.1):

$$\frac{K_{\text{ins}}}{K_{\text{cement}}} = \frac{t_{\text{ins}}}{t_{\text{cement}}} \quad (\text{H.1})$$

$$\frac{0.0447}{0.0706} = \frac{25.4}{t_{\text{cement}}}$$

$$t_{\text{cement}} = 40,1 \text{ mm}$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 60079-30-2:2015

Bibliography

IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-17, *Explosive atmospheres – Part 17: Electrical installations inspection and maintenance*

IEC 60079-19, *Explosive atmospheres – Part 19: Equipment repair, overhaul and reclamation*

IEC 60079-7, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety “e”*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEEE Std 515™, *IEEE Standard for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Trace Heating for Industrial Applications*

ASTM C585, *Standard practice for inner and outer diameters of thermal insulation for nominal sizes of pipe and tubing*

NFPA 70, *National Electrical Code® (NEC®)*²

CSA C22.1, *Canadian Electrical Code, Part 1*

² National Electrical Code and NEC are both registered trademarks of the National Fire Protection Association, Inc.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 60079-30-2:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	72
1 Domaine d'application	76
2 Références normatives	76
3 Termes et définitions	76
4 Considérations relatives à l'application	77
4.1 Généralités	77
4.2 Emplacements corrosifs	77
4.3 Exactitude de la température de procédé	77
4.3.1 Type I	77
4.3.2 Type II	77
4.3.3 Type III	77
4.4 Considérations sur l'installation	78
5 Isolation thermique	78
5.1 Généralités	78
5.2 Sélection du matériau isolant	78
5.3 Sélection de la barrière d'étanchéité (gaine)	79
5.4 Sélection de l'épaisseur économique pour optimiser la conception de traçage	80
5.5 Double isolation	80
6 Conception du système	83
6.1 Généralités	83
6.2 Objet et exigence dominante du traçage	83
6.3 Formation	84
6.4 Sélection de la résistance de traçage	84
6.4.1 Généralités	84
6.4.2 Résistances de traçage fabriquées sur site	84
6.4.3 Types spécifiques de traçage	85
6.5 Détermination de la température maximale	85
6.5.1 Généralités	85
6.5.2 Caractéristique CTP	86
6.5.3 Conception stabilisée	86
6.5.4 Conception avec régulation	87
6.6 Considérations relatives au réchauffement et au refroidissement	87
6.7 Information pour la conception	87
6.7.1 Documentation d'information pour la conception	87
6.7.2 Plans isométriques ou plans d'implantation des résistances de traçage, listes de conduites et diagrammes de charge	88
6.8 Système d'alimentation	88
6.9 Exigences pour la mise à la terre	89
6.10 Protection de défaut à la terre du matériel	89
6.11 Démarrage aux températures ambiantes minimales	90
6.12 Parcours longs de résistance de traçage	90
6.13 Analyse du chemin de circulation	90
6.14 Technique de contrôle de tronçon mort	92
6.15 Effet de cheminée	92

6.16	Exigences relatives à la conception de la douche de sécurité et du bassin oculaire.....	93
7	Contrôle et surveillance	94
7.1	Généralités	94
7.2	Régulateurs mécaniques.....	94
7.3	Régulateurs électroniques	94
7.4	Caractère approprié de l'application.....	94
7.5	Emplacement des régulateurs.....	95
7.6	Emplacement des capteurs	95
7.7	Considérations relatives à l'alarme.....	96
7.7.1	Généralités	96
7.7.2	Alarme pour circuit de traçage	96
7.7.3	Alarmes de température	96
7.7.4	Autres alarmes	96
7.7.5	Régulation intégrée	97
8	Recommandations pour l'installation.....	97
8.1	Généralités	97
8.2	Travaux préparatoires	97
8.2.1	Généralités	97
8.2.2	Planification et coordination.....	97
8.2.3	Confirmation de l'équipement	98
8.2.4	Réception des matériaux	98
8.2.5	Stockage et manutention	98
8.2.6	Aspects concernant le personnel.....	98
8.3	Installation des circuits de traçage.....	98
8.3.1	Coordination et vérification de l'équipement.....	98
8.3.2	Essais préalables à l'installation et vérification de la conception	98
8.3.3	Examen visuel	99
8.3.4	Essai de résistance d'isolement.....	99
8.3.5	Remplacement de composants	99
8.3.6	Emplacement de l'alimentation électrique	99
8.3.7	Installation des résistances de traçage	101
8.3.8	Connexions et terminaisons.....	102
8.4	Installation de l'équipement de contrôle et de surveillance	104
8.4.1	Généralités	104
8.4.2	Vérification du caractère approprié de l'équipement.....	104
8.4.3	Régulateur thermique et dispositifs de surveillance	104
8.4.4	Considérations relatives au capteur	105
8.4.5	Fonctionnement, étalonnage et accès du régulateur	109
8.4.6	Modifications nécessaires.....	109
8.5	Installation du système d'isolation thermique (voir également l'Article 5).....	109
8.5.1	Généralités	109
8.5.2	Travaux préparatoires.....	109
8.5.3	Installation des matériaux d'isolation thermique	110
8.5.4	Gaine	110
8.5.5	Essai de résistance d'isolement du circuit sur site (chantier).....	111
8.5.6	Examen visuel	111
8.5.7	Documentation	111

8.6	Installation du câblage de distribution et coordination des circuits de branchement.....	111
8.6.1	Généralités.....	111
8.6.2	Dispositif de protection contre les défauts à la terre.....	111
8.6.3	Dispositif de protection du circuit.....	111
8.6.4	Étiquetage/identification.....	112
8.7	Mise en service.....	112
8.7.1	Vérification préalable à la mise en service.....	112
8.7.2	Vérification fonctionnelle et documentation finale.....	112
9	Maintenance.....	113
9.1	Généralités.....	113
9.2	Localisation de défauts.....	114
9.3	Correction des défauts.....	114
10	Réparations.....	114
10.1	Généralités.....	114
10.2	Praticabilité de réparation des résistances de traçage électrique.....	114
10.2.1	Détérioration mécanique.....	114
10.2.2	Détérioration provoquée par la corrosion.....	115
10.2.3	Détérioration provoquée par une surchauffe.....	115
10.3	Techniques de réparation pour les résistances de traçage électrique.....	115
10.3.1	Généralités.....	115
10.3.2	Épissure en ligne.....	115
10.3.3	Connexion par boîte de jonction.....	115
10.4	Mise à la terre.....	115
10.5	Essais.....	115
Annexe A (informative)	Exemple de relevé de données de conception.....	116
Annexe B (informative)	Liste de contrôle des exigences d'installation.....	117
Annexe C (informative)	Exemple de relevé de mise en service de la résistance de traçage.....	119
Annexe D (informative)	Exemple de programme de maintenance et de journal.....	121
Annexe E (informative)	Considérations relatives à la perte de chaleur des tuyaux – Formules de perte de chaleur et exemples de calculs.....	123
Annexe F (informative)	Considérations relatives à la perte de chaleur des cuves.....	129
F.1	Généralités.....	129
F.2	Perte de chaleur de l'isolation (Q_{ins}).....	129
F.3	Surfaces de la plaque (Q_{slab}).....	130
F.4	Perte de chaleur du support (Q_{supt}).....	131
F.5	Perte de chaleur du trou d'homme ($Q_{manhole}$).....	131
F.6	Formules de coefficient de convection.....	131
F.6.1	Généralités.....	131
F.6.2	Convection libre, surface sans fluide, toutes les orientations (h_i , h_{co} , h_o).....	131
F.6.3	Convection forcée, toutes les orientations (h_o).....	132
F.6.4	Composante de rayonnement, tous les coefficients (h_f , h_i , h_{co} , h_o).....	133
Annexe G (informative)	Considérations relatives au réchauffement et au refroidissement.....	134
G.1	Réchauffement.....	134
G.2	Refroidissement.....	135

Annexe H (informative) Méthode de détermination des épaisseurs équivalentes des ciments isolants	137
Bibliographie.....	138
Figure 1 – Isolation thermique – Installation de la barrière d'étanchéité	81
Figure 2 – Profil type de température	82
Figure 3 – Exemple d'analyse du chemin de circulation	91
Figure 4 – Exemple de dérivation.....	92
Figure 5 – Installation classique de capteur de commande et de capteur pour la régulation de limitation de température	107
Figure 6 – Capteur du dispositif de limitation sur la gaine de la résistance de traçage	107
Figure 7 – Capteur du dispositif de limitation comme point chaud artificiel	108
Figure E.1 – Gradients de température supposés	124
Tableau 1 – Contrôles préalables à l'installation	100
Tableau A.1 – Exemple de relevé de données de conception.....	116
Tableau B.1 – Exemple de vérification préalable à la mise en service et de relevé d'installation de la résistance de traçage.....	117
Tableau C.1 – Exemple de relevé de mise en service de la résistance de traçage	119
Tableau D.1 – Exemple de programme de maintenance et de journal	121

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux.

Les normes de l'IEEE sont élaborées par les Sociétés de l'IEEE, ainsi que par les Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA). Ces normes sont l'aboutissement d'un consensus, soumis à l'approbation de l'Institut national américain de normalisation, qui rassemble des bénévoles représentant divers points de vue et intérêts. Les participants bénévoles ne sont pas nécessairement membres de l'IEEE et leur intervention n'est pas rétribuée. Si l'IEEE administre le déroulement de cette procédure et définit les règles destinées à favoriser l'équité du consensus, l'IEEE lui-même n'évalue pas, ne teste pas et ne vérifie pas l'exactitude de toute information contenue dans ses normes. L'utilisation de normes de l'IEEE est entièrement volontaire. Les documents de l'IEEE sont disponibles à des fins d'utilisation, à condition d'être assortis d'avis importants et de clauses de non-responsabilité (voir <http://standards.ieee.org/IPR/disclaimers.html> pour de plus amples informations).

L'IEC travaille en étroite collaboration avec l'IEEE, selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations. Cette norme internationale double logo a été élaborée conjointement par l'IEC et l'IEEE, conformément aux dispositions de cet accord.

- 2) Les décisions officielles de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études. Une fois le consensus établi entre les Sociétés de l'IEEE et les Comités de coordination des normes, les décisions officielles de l'IEEE relatives aux questions techniques sont déterminées en fonction du vote exprimé par un groupe à la composition équilibrée, composé de parties intéressées qui manifestent leur intérêt pour la révision des normes proposées. L'approbation finale de la norme de l'IEEE est soumise au Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA).
- 3) Les Publications IEC/IEEE se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC/Sociétés de l'IEEE. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin de s'assurer de l'exactitude du contenu technique des Publications IEC/IEEE; l'IEC ou l'IEEE ne peuvent pas être tenus responsables 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC (y compris les Publications IEC/IEEE) dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications IEC/IEEE et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC et l'IEEE eux-mêmes ne fournissent aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC et l'IEEE ne sont responsables d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC ou à l'IEEE, 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 l'IEC, ou les bénévoles des Sociétés de l'IEEE et des Comités de coordination des normes du Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA), 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 IEC/IEEE ou toute autre publication de l'IEC ou de l'IEEE, 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 fait que la mise en application de cette Publication IEC/IEEE peut requérir l'utilisation de matériels protégés par des droits de brevet. En publiant cette norme, aucun parti n'est pris concernant l'existence ou la validité de droits de brevet y afférents. Ni l'IEC ni l'IEEE ne peuvent être tenus d'identifier les revendications de brevet essentielles pour lesquelles une autorisation peut s'avérer nécessaire, d'effectuer des recherches sur la validité juridique ou l'étendue des revendications des brevets, ou de déterminer le caractère raisonnable ou non discriminatoire des termes ou conditions d'autorisation énoncés dans le cadre d'un Certificat d'assurance, lorsque la demande d'un tel certificat a été formulée, ou contenus dans tout accord d'autorisation. Les utilisateurs de cette norme sont expressément informés du fait que la détermination de la validité de tous droits de propriété industrielle, ainsi que les risques qu'impliquent la violation de ces droits, relèvent entièrement de leur seule responsabilité.

La Norme internationale IEC/IEEE 60079-30-2 a été établie par le comité d'études 31 de l'IEC: Équipements pour atmosphères explosives, en coopération avec le Petroleum & Chemical Industry Committee (comité de l'industrie pétrolière et chimique) de l'IAS (Industrial Applications Society, société des applications industrielles) de l'IEEE selon l'accord double logo IEC/IEEE.

NOTE Une liste des participants IEEE peut être consultée à l'adresse universelle suivante:
http://standards.ieee.org/downloads/60079/60079-30-2-2015/60079-30-2-2015_wg-participants.pdf.

Cette première édition de l'IEC/IEEE 60079-30-2 annule et remplace la première édition de l'IEC 60079-30-2 parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes, hormis la révision générale et la mise à jour de la première édition de l'IEC 60079-30-2 et de l'harmonisation avec la norme IEEE 515, par rapport à l'édition précédente:

- déplacement de la méthode de conception des résistances de traçage et des exigences dans l'IEC/IEEE 60079-30-1;
- déplacement et/ou reproduction des informations relatives à l'installation, la maintenance et la réparation à l'intention des équipes de maintenance (MT) relevant du SC31J, dans l'IEC 60079-14, l'IEC 60079-17 et l'IEC 60079-19;
- introduction d'informations plus détaillées relatives aux douches de sécurité et aux bassins oculaires;
- introduction des Annexes issues de la norme IEEE 515.

L'importance des modifications entre l'IEC 60079-30-2, Édition 1.0 (2007) et l'IEC/IEEE 60079-30-2, Édition 1.0 (2014) est indiquée ci-dessous:

		Type		
Modifications	Article	Modifications mineures et rédactionnelles	Extension	Modifications techniques majeures
Addition d'une clarification de l'exclusion des classements de couverture des emplacements des niveaux de protection du matériel (EPL) Ga et Da	1	X		
Addition des exigences pour la méthode de classement des emplacements par division qui peut être appliquée par certains utilisateurs	1			C1
Déplacement des exigences théoriques de perte de chaleur dans l'IEC/IEEE 60079-30-1	6.3	X		
Addition des exigences de conception de la douche de sécurité et du bassin oculaire	6.16			C2
Addition d'une Annexe donnant un exemple de relevé de données de conception	Annexe A	X		
Addition d'une Annexe donnant une liste de contrôle des exigences d'installation	Annexe B	X		
Addition d'une Annexe donnant un exemple de relevé de mise en service d'une résistance de traçage	Annexe C	X		

		Type		
Modifications	Article	Modifications mineures et rédactionnelles	Extension	Modifications techniques majeures
Addition d'une Annexe donnant un exemple de programme de maintenance et de journal	Annexe D	X		
Addition d'une Annexe relative aux considérations concernant la perte de chaleur des tuyaux	Annexe E	X		
Addition d'une Annexe relative aux considérations concernant la perte de chaleur des cuves	Annexe F	X		
Addition d'une Annexe relative aux considérations concernant le réchauffement et le refroidissement	Annexe G	X		
Addition d'une Annexe concernant une méthode de détermination de l'épaisseur équivalente des ciments isolants	Annexe H	X		

NOTE Les modifications techniques désignées incluent l'importance des modifications techniques dans la version révisée de la Norme IEC, mais il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de toutes les modifications apportées à la version précédente.

Explications:

A) Définitions

Modifications mineures et rédactionnelles

clarification
réduction des exigences techniques
modification technique mineure
corrections rédactionnelles

Ces modifications portent sur les exigences et sont de nature rédactionnelle ou technique mineure. Elles comprennent des modifications de formulation destinées à clarifier les exigences techniques sans apporter de modification technique ni réduire le niveau actuel de l'exigence.

Extension

addition d'options techniques

Ces modifications ajoutent de nouvelles exigences techniques ou modifient les exigences techniques existantes, de manière à fournir de nouvelles options sans toutefois augmenter les niveaux d'exigences pour tout matériel qui était totalement conforme à la norme précédente. Par conséquent, ces modifications ne devront pas être prises en compte dans le cas de produits conformes à l'édition précédente.

Modifications techniques majeures

addition d'exigences techniques
augmentation des exigences techniques

Ces modifications sont apportées aux exigences techniques (addition, augmentation du niveau ou suppression) de telle manière qu'un produit conforme à l'édition précédente ne pourra pas toujours satisfaire aux exigences indiquées dans la dernière édition. Ces modifications sont à prendre en compte pour les produits conformes à l'édition précédente. Des informations supplémentaires relatives à ces modifications sont données à l'Article B) ci-dessous.

NOTE Ces modifications représentent les connaissances technologiques actuelles. Toutefois, il convient qu'elles n'aient aucune influence sur le matériel déjà présent sur le marché.

B) Informations relatives aux origines des "modifications techniques majeures"

C1 – Les exigences relatives à la méthode de classement des emplacements par division s'appliquent uniquement aux utilisateurs de la présente norme qui demandent la qualification pour ces emplacements.

C2 – Les exigences de conception des douches de sécurité et des bassins oculaires ont été incluses pour l'harmonisation et pour la sécurité ajoutée.

La présente version bilingue (2017-12) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2015-09.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 31/1190/FDIS et 31/1199/RVD.

Le rapport de vote 31/1199/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Les Normes internationales sont rédigées selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec l'IEC/IEEE 60079-30-1:2014, *Atmosphères explosives – Partie 30-1: Traçage par résistance électrique – Exigences générales et d'essais*.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60079, publiées sous le titre général *Atmosphères explosives*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 30-2: Traçage par résistance électrique – Guide d'application pour la conception, l'installation et la maintenance

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60079 fournit des lignes directrices pour l'application des systèmes de traçage par résistance électrique dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent être présentes, à l'exception de ceux classés comme exigeant l'EPL Ga/Da (relation traditionnelle à la Zone 0 et la Zone 20, respectivement). La présente norme donne également des lignes directrices relatives aux atmosphères explosives intégrant la méthode de classement des emplacements par division qui peut être appliquée par certains utilisateurs de la présente norme.

NOTE Des informations relatives à la méthode par division sont données dans le NFPA 70 et le CSA C22.1.

Elle fournit des recommandations pour la conception, l'installation, la maintenance et la réparation des systèmes de traçage, y compris le matériel associé de commande et de surveillance. Elle ne couvre pas les dispositifs qui fonctionnent par chauffage par induction, chauffage à effet de peau ou chauffage par impédance, ni ceux destinés au relâchement des contraintes.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60050-426, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 426: Matériel pour atmosphères explosives*.

IEC 60079-0, *Atmosphères explosives – Partie 0: Matériel – Exigences générales*

IEC 60079-15, *Atmosphères explosives – Partie 15: Protection du matériel par mode de protection «n»*

IEC/IEEE 60079-30-1, *Atmosphères explosives – Partie 30-1: Traçage par résistance électrique – Exigences générales et d'essais*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-426, l'IEC 60079-0 et l'IEC/IEEE 60079-30-1 s'appliquent.

4 Considérations relatives à l'application

4.1 Généralités

Cette partie de l'IEC 60079 complète les exigences de l'IEC 60079-14, de l'IEC 60079-17, et de l'IEC/IEEE 60079-30-1.

Lorsque des systèmes de traçage sont à installer dans des atmosphères explosives, les détails exhaustifs des classements des emplacements doivent être spécifiés. La spécification doit établir, selon le cas, les niveaux de protection du matériel exigés Gb, Gc, Db et Dc (relation traditionnelle à la Zone 1, la Zone 2, la Zone 21 et la Zone 22, respectivement) et/ou les atmosphères explosives de Division 1 et de Division 2, les groupes de gaz ou de poussière et le classement des températures. Lorsque des considérations spéciales s'appliquent ou lorsque des conditions sur site peuvent s'avérer particulièrement exigeantes, ces conditions doivent être détaillées dans la spécification de traçage.

Il convient que la spécification relative aux systèmes de traçage à installer sur des matériels mobiles ou des unités coulissantes (des structures réimplantables, par exemple) s'adapte aux conditions défavorables dans lesquelles le système de traçage peut être utilisé.

Lorsque toutes les parties du système de traçage sont susceptibles d'être exposées, il convient que ces parties soient adaptées à l'environnement.

4.2 Emplacements corrosifs

Il convient d'examiner tous les composants des systèmes de traçage électrique pour vérifier qu'ils sont compatibles avec tous les matériaux corrosifs qui peuvent être rencontrés au cours de la durée de vie du système. Les systèmes de traçage fonctionnant dans des environnements corrosifs présentent un potentiel de défaillance supérieur à celui qu'ils présentent dans des environnements non corrosifs. La détérioration du système d'isolation thermique est aggravée par la corrosion de la barrière d'étanchéité et la possibilité de fuites mouillant l'isolation thermique.

4.3 Exactitude de la température de procédé

4.3.1 Type I

Un processus de Type I correspond à celui pour lequel il convient de maintenir la température au-dessus d'un point minimal. Un dispositif de commande sensible à la température ambiante peut être acceptable. De grands éléments de puissance peuvent être commandés au moyen d'un dispositif de contrôle unique et d'un tableau de distribution électrique. Un apport calorifique peut être fourni inutilement à certains moments et il convient de tolérer de larges variations de températures de fonctionnement. Le rendement énergétique peut être amélioré par l'utilisation de techniques de régulation de tronçon mort ou de techniques de régulation proportionnelles à la température ambiante (voir 6.14).

4.3.2 Type II

Un processus de Type II correspond à celui pour lequel il convient de maintenir la température à l'intérieur d'une plage modérée. La vérification par thermostats mécaniques est adaptée.

4.3.3 Type III

Un processus de Type III correspond à celui pour lequel il convient de contrôler la température dans une plage étroite. Des régulateurs électroniques utilisant un thermocouple ou des capteurs de température de procédé à capteur de température à résistance (RTD) facilitent l'étalonnage sur site (site d'exploitation) et offrent une flexibilité maximale pour la sélection des fonctions de surveillance et d'alarme pour la température. La capacité calorifique d'entrée peut participer au préchauffage d'un tuyau vide ou à l'élévation de la

température du fluide, ou les deux, dans un intervalle de temps et une plage spécifiés. Les systèmes de Type III exigent le strict respect des chemins de circulation et des systèmes d'isolation thermique.

4.4 Considérations sur l'installation

Si la défaillance de toute partie du système de traçage peut résulter en un problème de sécurité ou de procédé, le système de traçage peut alors être considéré comme un composant critique de tout le processus. Les exigences en matière de contrôle de température et de surveillance du circuit d'une application peuvent être définies en fonction des types de contrôles de température décrits en 4.3.

Lorsque le traçage est critique pour le processus, il convient de considérer la surveillance du circuit pour un fonctionnement correct, des alarmes en cas de dysfonctionnement et des résistances de traçage de secours. Les régulateurs de rechange ou de secours peuvent être spécifiés pour être activés automatiquement en cas de défaut signalé par le système de surveillance/d'alarme. Les résistances de traçage de secours peuvent permettre de réaliser une opération de maintenance ou des réparations sans arrêter le processus et peuvent être utilisées pour améliorer la fiabilité.

5 Isolation thermique

5.1 Généralités

La sélection, l'installation et la maintenance de l'isolation thermique sont des éléments essentiels aux performances d'un système de traçage par résistance électrique. Le système d'isolation thermique est normalement conçu pour limiter la perte de chaleur, le système de traçage permettant de compenser les autres pertes. Par conséquent, les problèmes liés à l'isolation thermique ont une influence directe sur l'ensemble des performances du système.

La fonction principale de l'isolation thermique est de réduire le taux de transfert de chaleur d'une surface qui fonctionne à une température distincte de la température ambiante. Cette réduction de la perte d'énergie peut:

- réduire les dépenses de fonctionnement;
- améliorer les performances du système;
- augmenter la capacité délivrée par le système.

Avant toute analyse de perte de chaleur pour une canalisation à traçage électrique, une cuve ou tout autre équipement mécanique, il est recommandé de réaliser une étude de la sélection du système d'isolation. Les principaux domaines à prendre en considération sont les suivants:

- sélection d'un matériau isolant;
- sélection d'une barrière d'étanchéité (gaine);
- sélection d'une épaisseur d'isolation économique en tenant compte de la conception optimale de la résistance de traçage;
- sélection de la dimension de l'isolation appropriée.

Les informations relatives à l'épaisseur équivalente des ciments isolants sont données à l'Annexe H.

5.2 Sélection du matériau isolant

Les éléments suivants constituent des aspects importants à prendre en considération lors de la sélection d'un matériau isolant. Il convient de considérer ces facteurs et d'optimiser leur sélection selon les critères de l'opérateur:

- caractéristiques thermiques assignées;

- conductivité thermique, λ , de l'isolation;
- propriétés mécaniques;
- compatibilité chimique et résistance à la corrosion;
- résistance à l'humidité;
- risques sanitaires pendant l'installation;
- résistance au feu;
- propriétés toxicologiques en cas d'exposition au feu;
- coûts.

Les matériaux isolants généralement disponibles comprennent:

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

Concernant les isolants doux (fibre minérale, fibre de verre, etc.), l'isolation pour la taille réelle du tuyau peut être utilisée dans bon nombre de cas en cerclant étroitement l'isolation. Il convient de veiller à éviter que la résistance de traçage ne soit encastrée dans l'isolation, ce qui peut provoquer une détérioration de la résistance ou restreindre le transfert approprié de chaleur. En variante, l'isolation pour la taille de tuyau immédiatement supérieure qui peut aisément renfermer un tuyau et une 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 les sections du panneau sont découpées pour s'adapter au joint longitudinal. Ce type de technique d'installation est couramment désigné sous le nom d'installation de tronçon étendu. En variante, la taille pour l'isolation immédiatement supérieure peut être sélectionnée pour s'adapter à la résistance de traçage. Dans tous les cas, il convient de clairement spécifier la taille et l'épaisseur de l'isolation.

L'isolation pour les vannes, les brides, les pompes, les instruments et tout autre équipement de forme irrégulière peut être construite pour une configuration particulière. Il peut s'agir d'une fabrication à partir de blocs, de segments d'isolation ou de couvercles amovibles souples.

Les supports ou appareils de tuyaux non isolés ou partiellement isolés nécessitent un complément d'apport calorifique pour compenser une plus grande perte de chaleur. Il convient d'utiliser les ciments isolants ou les matériaux fibreux pour combler les fissures et les joints. Lorsque des ciments isolants sont utilisés pour l'isolation totale d'une surface irrégulière, une couche de ciment isolant proportionnellement plus épaisse peut être appliquée pour obtenir la capacité isolante souhaitée.

5.3 Sélection de la barrière d'étanchéité (gaine)

Le fonctionnement approprié d'un système de traçage électrique dépend de l'isolation sèche. La chaleur produite par le traçage électrique est normalement insuffisante pour sécher une isolation thermique humide. Certains matériaux isolants, même lorsqu'ils sont retirés de la tuyauterie et soumis au séchage forcé, ne recouvrent jamais leurs caractéristiques initiales après avoir été humidifiés.

La tuyauterie rectiligne peut être protégée contre les intempéries avec un gainage métallique, polymère ou un système en mastic. Lorsqu'un gainage métallique est utilisé, il convient de le

lisser avec des joints longitudinaux en forme de "S" modifiés. Il convient que les joints d'extrémité circulaires soient étanchéifiés avec des bandes de fermeture et comportent un matériau d'étanchéité sur le bord extérieur ou aux endroits où ils se chevauchent (voir Figure 1).

Le gainage qui est à recouvrement ou à défaut fermé sans matériau d'étanchéité n'est pas efficace en tant que barrière face à l'humidité. Un joint unique non étanchéifié peut entraîner la fuite d'une quantité considérable d'eau dans l'isolation au cours d'une tempête. Par conséquent, il convient que les spécifications relatives au matériau élastomère d'étanchéité à l'eau de la gaine soient adaptées à une exposition de longue durée aux conditions ambiantes.

Il convient que le type de barrière d'étanchéité utilisé repose, au minimum, sur les considérations suivantes:

- l'efficacité d'exclusion de l'humidité;
- la nature corrosive des produits chimiques au niveau de l'emplacement;
- les exigences de protection contre l'incendie;
- la durabilité vis-à-vis des mauvais traitements mécaniques;
- les coûts.

5.4 Sélection de l'épaisseur économique pour optimiser la conception de traçage

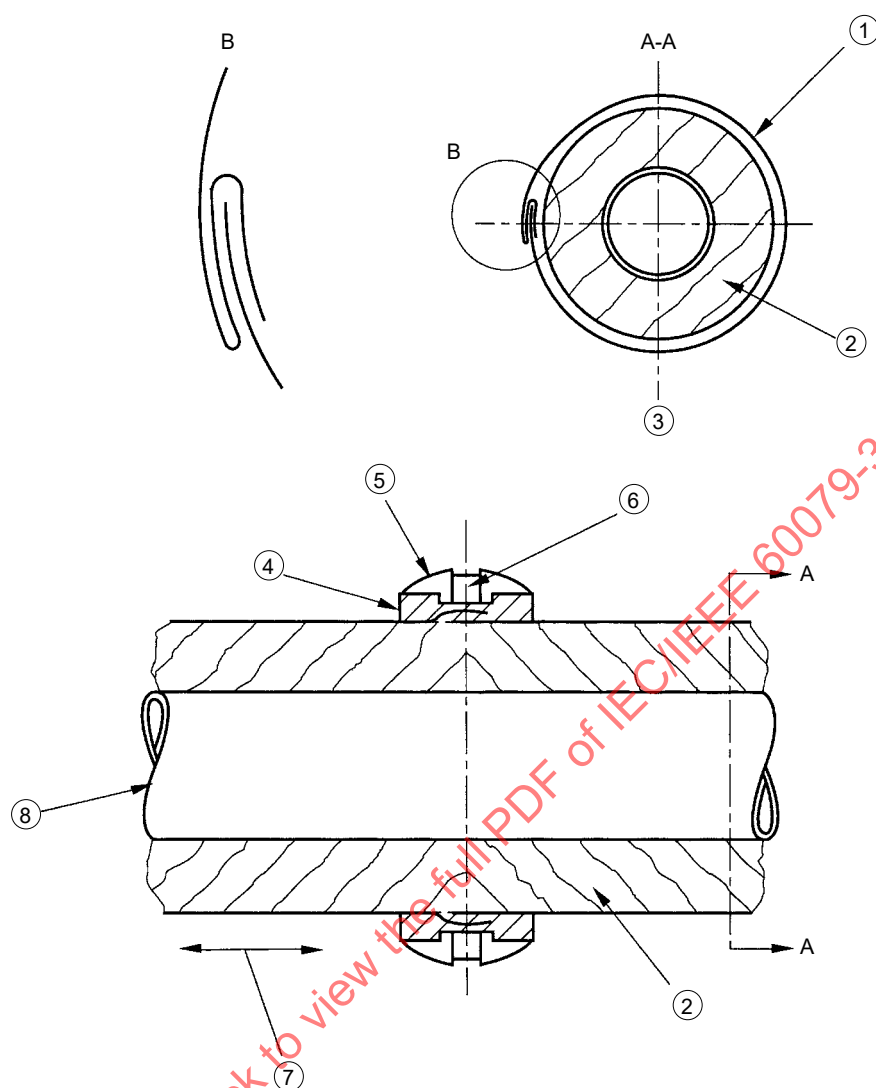
Au minimum, une étude économique de l'isolation permet d'évaluer les coûts initiaux des matériaux et de l'installation par rapport à l'énergie économisée tout au long de la durée de vie de l'isolation. Il convient de noter que les épaisseurs réelles de l'isolation ne correspondent pas toujours exactement à l'épaisseur nominale de l'isolation. Lors du choix de la taille de l'isolation, il convient d'examiner si l'isolation de la taille du tuyau réelle est adaptée ou non pour loger le tuyau et la résistance de traçage.

L'épaisseur de l'isolation sélectionnée dans le cadre de l'étude économique des parties non tracées d'un système n'est pas nécessairement gage d'une conception et d'une installation optimales ou acceptables d'un système de traçage. Il convient de tenir compte de la conception de traçage par résistance électrique lors de la sélection de l'isolation. Le choix d'une épaisseur d'isolation optimale pour des lignes par résistance électrique peut reposer sur les éléments suivants:

- réduction du niveau de puissance de sortie de chaque résistance de traçage;
- augmentation de la longueur des circuits de résistance de traçage;
- diminution du nombre de circuits exigés;
- diminution de la puissance totale exigée pour les systèmes de traçage par résistance électrique.

5.5 Double isolation

La technique de double isolation peut être employée lorsque la température du tuyau dépasse la température maximale admissible de la résistance de traçage. La prévention de la congélation du condensat dans des conduites de vapeur à haute température lorsque ces conduites ne sont pas utilisées constitue une application type. Elle consiste à placer la résistance de traçage entre deux couches d'isolation entourant le tuyau. Le principe de la technique de double isolation consiste à déterminer la combinaison correcte du type d'isolation intérieure et extérieure et de l'épaisseur, donnant lieu à une température d'interface acceptable pour la résistance de traçage. Cette relation est représentée à la Figure 2. Noter qu'il convient de tenir compte des conditions de température ambiante maximale dans cette détermination. Il convient de considérer conjointement l'installation et l'alignement de l'isolation intérieure pour tenir compte de la dilatation thermique de la tuyauterie.

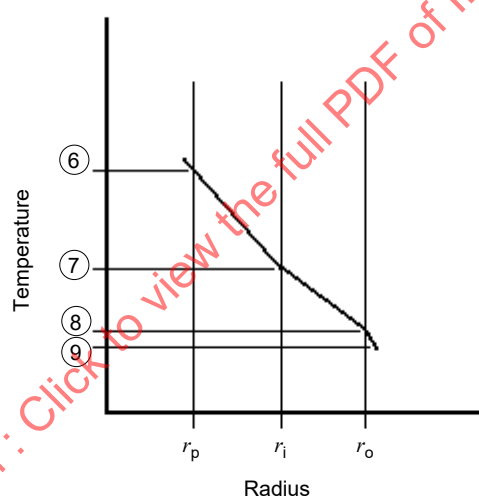
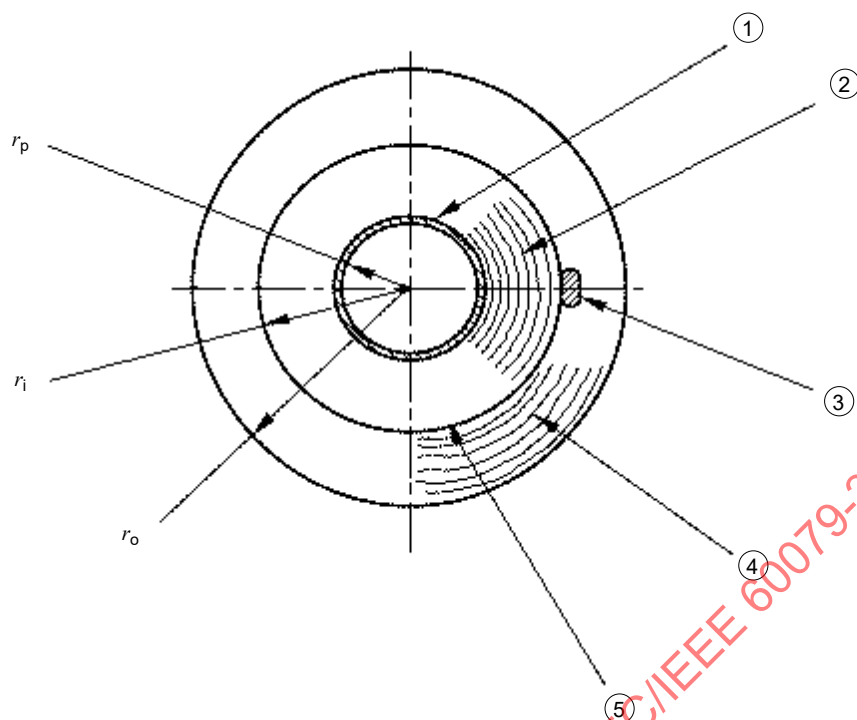


IEC

Légende

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| 1 gaine métallique | 5 bande de fermeture |
| 2 isolation | 6 bride d'isolation |
| 3 tuyau isolé à gaine métallique | 7 mouvement |
| 4 mastic d'étanchéité | 8 tuyau |

Figure 1 – Isolation thermique – Installation de la barrière d'étanchéité



IEC

Légende

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1 tuyau | 6 température maximale du tuyau |
| 2 couche d'isolation intérieure | 7 température de l'interface |
| 3 résistance de tréage | 8 température de surface de l'isolation extérieure |
| 4 couche d'isolation extérieure | 9 température ambiante |
| 5 feuille métallique (aluminium) | |

Anglais	Français
Temperature	Température
Radius	Rayon

Figure 2 – Profil type de température

6 Conception du système

6.1 Généralités

Chaque application de traçage par résistance impose des exigences uniques au concepteur afin d'atteindre la température souhaitée et de la maintenir dans des conditions spécifiées. Les systèmes de traçage ont nécessairement une interface avec d'autres entités spécifiées de l'équipement, telles que l'isolation thermique et l'alimentation électrique disponible pour le système. Le système final est une intégration de tous ces composants, de sorte qu'il faut connaître et contrôler les valeurs de ces entités d'interface afin de concevoir des systèmes qui fonctionnent selon les exigences.

Il convient que la conception d'un système de traçage satisfasse à toutes les exigences de l'IEC/IEEE quant à l'utilisation du matériel électrique, ainsi qu'aux exigences de la présente norme. Il convient de prendre en considération la maintenance des systèmes et de l'équipement de procédé, le rendement énergétique et les essais des systèmes installés afin d'obtenir une sécurité et un fonctionnement satisfaisants.

Les considérations qui affectent le rendement de la conception de traçage sont l'épaisseur de l'isolation et la tension d'alimentation. Le choix du type d'isolation repose en général sur la température et les conditions ambiantes. Il convient de choisir l'épaisseur d'isolation des conduites tracées en même temps que la résistance de traçage, de manière à optimiser la conception de traçage. Voir 5.4 pour des informations supplémentaires à ce sujet. Le choix de la tension d'alimentation à appliquer aux circuits de traçage peut grandement influencer l'alimentation électrique générale et les paramètres économiques du système.

Il est nécessaire de maintenir des distances adéquates entre les tuyaux et entre la tuyauterie et les éléments de la structure pour permettre l'installation de l'isolation thermique.

Lors de la conception des systèmes de traçage utilisés en atmosphères explosives, des contraintes supplémentaires sont imposées compte tenu des exigences et du classement de l'emplacement à l'étude.

Il convient d'enregistrer sur un formulaire les détails de chaque conception des circuits (voir l'exemple présenté au Tableau A.1) et de les conserver.

Des informations relatives à la conception pour les calculs et exemples de perte de chaleur sont données à l'Annexe E pour les tuyaux, et à l'Annexe F pour les cuves.

6.2 Objet et exigence dominante du traçage

Il convient que les résistances de traçage soient sélectionnées et installées de manière à fournir une puissance suffisante pour:

- a) compenser la perte de chaleur lorsque la température spécifiée d'un objet est maintenue à la température ambiante minimale spécifiée (voir la méthode de calcul de l'IEC/IEEE 60079-30-1); ou
- b) augmenter la température d'un objet, et son contenu quand cela est spécifié, au cours d'une période de temps spécifiée (voir la méthode de calcul en 6.6); ou
- c) une combinaison de a) et b).

Le choix de la résistance de traçage doit tenir compte de la détermination de la température maximale potentielle de la gaine dans des conditions défavorables, comme spécifié dans l'IEC/IEEE 60079-30-1. Les méthodes utilisées incluent la méthode fondée sur la classification des produits, la conception stabilisée et la conception avec régulation.

La température peut être réduite, par exemple, par des ajustements des paramètres du système, par l'utilisation de plusieurs traceurs pour réduire la puissance produite par unité de

longueur ou par la sélection du système de contrôle de température. L'excès de puissance installée par rapport à la puissance demandée, et la manière dont sont appliquées, installées et exploitées les résistances de traçage, ne doivent pas provoquer de risques inacceptables dans une atmosphère explosive, même après l'évaluation des conditions les plus défavorables.

Le constructeur de la résistance de traçage est tenu d'établir les calculs et méthodes de conception. L'utilisateur final est contraint de se conformer aux calculs et méthodes de conception spécifiés par le constructeur.

6.3 Formation

Il convient que les personnes impliquées dans la conception des systèmes de traçage par résistance électrique soient correctement formées à toutes les techniques exigées.

6.4 Sélection de la résistance de traçage

6.4.1 Généralités

Pour une application particulière, il convient de revoir certaines caractéristiques de conception de base pour déterminer le choix de la ou des résistances de traçage. Il s'agit des éléments ci-dessous.

- a) la température maximale de tenue des résistances de traçage doit être supérieure à la température maximale potentielle de l'objet (qui peut être supérieure à la température normale de maintien);
- b) il convient que les résistances de traçage soient adaptées à un fonctionnement dans les conditions ambiantes spécifiées (une atmosphère corrosive ou une température ambiante minimale, par exemple);
- c) les résistances de traçage doivent être certifiées pour une utilisation en atmosphère explosive spécifique.

Pour toute application, il existe une densité de puissance maximale admissible pour laquelle une résistance de traçage peut être utilisée sans détériorer ni l'objet ni son contenu. Cela est particulièrement critique dans certains cas (les tuyaux recouverts, les cuves contenant de la soude caustique ou avec les matériaux sensibles à la chaleur, par exemple). La densité de puissance maximale admissible doit être enregistrée dans la documentation du système. De multiples traçages ou enroulements en spirale d'une résistance de traçage unique peuvent être exigés.

6.4.2 Résistances de traçage fabriquées sur site

La fabrication de résistances de traçage sur site est autorisée à condition que:

- le personnel d'installation soit formé aux techniques particulières exigées;
- les résistances de traçage soient certifiées pour la fabrication sur site;
- les instructions d'installation fournies par le constructeur couvrent la fabrication sur site;
- la ou les résistances de traçage satisfassent aux essais sur site (site d'exploitation) spécifiés en 8.5.5;
- la ou les résistances de traçage fassent l'objet d'un marquage conformément à l'IEC/IEEE 60079-30-1.

La ou les résistances de traçage non exclues par les considérations ci-dessus sont techniquement aptes pour l'application, mais il reste nécessaire de déterminer la densité de puissance maximale admissible de chacune. Cela est fonction de la construction, de la température maximale de tenue, de la température de service maximale et de la température maximale admissible de l'objet et de l'isolation thermique.

Pour chaque résistance de traçage particulière, la densité de puissance maximale admissible doit être déterminée à partir des données du constructeur, s'appuyant sur les essais spécifiés dans l'IEC/IEEE 60079-30-1. La valeur utilisée doit être choisie de manière à ne pas dépasser la température maximale de tenue. La valeur limite de la densité de puissance maximale admissible pour chaque résistance de traçage est soit la valeur choisie à partir des données du constructeur, soit celle qui est spécifiée pour le processus, selon la plus faible des deux valeurs. Cependant, la densité de puissance peut encore être limitée par la nécessité de traçages multiples.

Le concepteur peut alors sélectionner le type, la longueur ou la taille et la charge de la résistance de traçage. Il convient que la charge réelle installée ne soit pas inférieure à la charge théorique et que la densité de puissance réelle ne soit pas supérieure à celle obtenue ci-dessus. Il convient de consigner dans la documentation du système le type de résistance de traçage et les valeurs de la charge installée et de la densité de puissance.

6.4.3 Types spécifiques de traçage

Les types de résistances de traçage en série et en parallèle sont généralement définis par leurs caractéristiques électriques.

Les résistances de traçage en série utilisent généralement le conducteur électrique comme élément chauffant; l'alimentation en tension et la longueur du circuit deviennent alors des paramètres critiques dans la conception de chaque circuit. Les résistances de traçage en série avec isolation polymère sont particulièrement adaptées aux installations avec des circuits de longueur importante. Les résistances de traçage en série avec isolation minérale et gaines métalliques sont particulièrement adaptées au maintien de température de procédé très élevée. Les résistances de traçage en parallèle sont généralement constituées de deux conducteurs parallèles avec un élément chauffant polymère ou métallique séparé et alimenté par ces conducteurs. Ces résistances sont de façon caractéristique utilisées pour la protection contre le gel ou pour le maintien de température de procédé des installations de tuyauterie complexes. Le type à puissance constante est généralement un élément chauffant métallique bobiné.

Le type CTP est en général composé d'un élément chauffant polymère extrudé entre les conducteurs. Le type à limitation de la puissance se situe généralement entre les types précédents, avec une puissance plus élevée à des températures de fonctionnement plus grandes que le type CTP, et avec des températures de fonctionnement plus basses que le type à puissance constante.

6.5 Détermination de la température maximale

6.5.1 Généralités

Il est important de déterminer avec exactitude les températures maximales de la gaine des résistances de traçage pour toutes les applications en atmosphères explosives. Il est impératif que le concepteur du circuit suive toutes les directives, spécifications et méthodes de conception fournies par le constructeur conformément à l'IEC/IEEE 60079-30-1. Des exemples décrivant la raison pour laquelle il est important de déterminer la température maximale de la gaine de la résistance de traçage sont donnés ci-après:

- a) les applications telles que les tuyauteries non métalliques où la température maximale de la résistance de traçage peut avoisiner la température maximale de tenue de l'objet, l'isolation thermique ou autres composants du système;
- b) les applications qui n'ont pas de commande ou de dispositif de commande sensible à la température ambiante, et dont la gaine du traceur atteint potentiellement des températures élevées à l'équilibre;
- c) les applications critiques où un degré élevé d'exactitude de la température de procédé est exigé;

- d) les applications en atmosphères explosives où le thermostat de commande est censé ne pas fonctionner, de telle sorte que la température de la gaine du traceur ne peut pas dépasser la température d'inflammation ou la valeur assignée T (classe de température) du gaz, de la vapeur ou de la poussière combustible prévue dans cet emplacement.

Il est important que le concepteur du circuit comprenne qu'il existe trois mesures possibles pour éviter que le système de traçage ne dépasse la température maximale: la caractéristique CTP de la résistance de traçage, l'utilisation d'un limiteur ou d'un dispositif de contrôle et les calculs de conception stabilisée. Les méthodes et limitations pour l'évaluation de la température maximale sont fournies dans l'IEC/IEEE 60079-30-1.

Lorsque plusieurs résistances de traçage (en particulier sur les installations présentant plusieurs conditions d'écoulement) sont regroupées dans un dispositif de contrôle de température unique, chaque condition de conception doit être considérée comme une conception stabilisée.

6.5.2 Caractéristique CTP

Des classes de températures peuvent être attribuées par des essais (comme indiqué dans l'IEC/IEEE 60079-30-1) aux résistances de traçage dont la puissance diminue de façon significative lorsque la température augmente, c'est-à-dire des résistances de traçage à coefficient de température positif. Dans de nombreuses applications, des mesures supplémentaires de régulation de limitation de la température ne sont pas nécessaires, à condition que la classe de température de la résistance de traçage soit inférieure à celle spécifiée pour l'application. Néanmoins, le limiteur et les mesures de conception stabilisée peuvent être utilisés pour faire fonctionner le système dans une plage plus étroite de températures de procédé.

6.5.3 Conception stabilisée

La conception stabilisée repose sur le principe de détermination des températures maximales de l'objet et de la gaine de la résistance de traçage dans les conditions les plus défavorables. Il s'agit d'un calcul des conditions d'équilibre qui sont atteintes lorsque l'apport de chaleur est égal à la perte de chaleur du système. Les conditions les plus défavorables comprennent:

- a) la température ambiante maximale, généralement supposée être de 40 °C sauf spécification contraire;
- b) l'absence de vent (air calme);
- c) l'utilisation d'une valeur prudente ou minimale pour la conductivité thermique de l'isolation thermique;
- d) l'absence de contrôle de température par conception ou simulation d'une défaillance du régulateur thermique;
- e) la résistance de traçage fonctionne à sa tension de service assignée plus 10 %;
- f) la résistance de traçage est supposée fonctionner à la limite supérieure de la tolérance de fabrication, ou à la résistance spécifique minimale pour les résistances de traçage en série.

Des exigences spécifiques relatives aux conceptions stabilisées sont données dans l'IEC/IEEE 60079-30-1. L'essai de la conception stabilisée est également défini dans l'IEC/IEEE 60079-30-1. En règle générale, la température maximale de la gaine de la résistance de traçage est calculée à partir de formules déduites de l'évaluation des données empiriques et par l'approche théorique décrite dans l'Annexe de l'IEC/IEEE 60079-30-1 relative à la méthode de vérification de la conception de la résistance de traçage. En variante, des programmes de conception peuvent être utilisés pour calculer la température maximale de la gaine sur la base de ces paramètres les plus défavorables.

6.5.4 Conception avec régulation

Un limiteur de température/dispositif de contrôle de température doit empêcher la résistance de traçage de dépasser la température maximale généralement par détection:

- a) de la température de l'objet ou autres composants de l'application;
- b) de la température sur la gaine de la résistance de traçage;
- c) de paramètres autres que la température, tels que le courant.

Le limiteur de température/système de commande doit ouvrir le circuit en cas de dysfonctionnement du capteur ou du limiteur/dispositif de contrôle. Des exigences spécifiques relatives aux conceptions avec régulation sont données dans l'IEC/IEEE 60079-30-1.

Un système de commande et de surveillance doit être utilisé et satisfaire aux exigences d'application de la présente norme appropriées aux considérations relatives à l'application. Se reporter à l'Article 7.

6.6 Considérations relatives au réchauffement et au refroidissement

Dans certaines exploitations d'installation, il peut être nécessaire de spécifier que le système de traçage est capable d'élever la température d'un produit statique dans une période de temps donnée ou il peut être nécessaire de considérer les durées de refroidissement. Les considérations relatives au réchauffement et au refroidissement sont données à l'Annexe G.

6.7 Information pour la conception

6.7.1 Documentation d'information pour la conception

Pour faciliter une conception de traçage fonctionnelle, il convient que la fonction de conception soit accompagnée des informations à jour sur le processus et la tuyauterie, et soit par ailleurs actualisée en y intégrant toutes les spécifications et révisions de plans en rapport avec le système de traçage. Tout ou partie de ce qui suit peut être applicable:

- a) Paramètres de procédé:
 - 1) documentation pour le classement des emplacements y compris les températures d'inflammation applicables;
 - 2) organigramme du système;
 - 3) plans des détails des équipements (pompes, vannes, filtre à tamis, etc.);
 - 4) procédures de procédé qui provoquent une élévation des températures du tuyau, c'est-à-dire production de vapeur ou réactions exothermiques.
- b) Paramètres de la tuyauterie:
 - 1) plans d'aménagement de l'équipement (plans, sections, etc.);
 - 2) schémas de tuyauterie (plans, plans isométriques, listes de conduites, etc.);
 - 3) spécifications de tuyauterie;
 - 4) Il est nécessaire de maintenir des distances adéquates entre les tuyaux et entre la tuyauterie et les éléments de la structure pour permettre l'installation de l'isolation thermique.
- c) Exigences et données d'isolation thermique
 - 1) paramètres de conception thermique;
 - 2) spécifications de l'isolation thermique;
 - 3) programmes d'isolation thermique;
 - 4) nomenclatures.
- d) Paramètres électriques
 - 1) schémas électriques (unifilaires, élémentaires, etc.);

- 2) spécifications des appareils électriques;
- 3) détails des appareils;
- 4) installation des appareils et manuels d'instruction;
- 5) nomenclatures.

6.7.2 Plans isométriques ou plans d'implantation des résistances de traçage, listes de conduites et diagrammes de charge

Il convient que la conception de chaque circuit de résistance de traçage comprenne les informations suivantes:

a) Données de conception:

- 1) classement des emplacements, y compris la température d'inflammation la plus faible pour chaque emplacement (si applicable);
- 2) désignation de la tuyauterie ou numéro de conduite;
- 3) matériau, valeur assignée et taille du tuyau;
- 4) type d'isolation thermique, taille nominale, épaisseur, et facteur k ;
- 5) désignation de la résistance de traçage et/ou numéro de circuit;
- 6) température à maintenir;
- 7) température maximale de procédé;
- 8) température ambiante minimale;
- 9) température maximale d'exposition (le cas échéant);
- 10) température maximale de la gaine (si exigée);
- 11) perte de chaleur à la température de maintenance souhaitée, par unité de longueur de tuyau;
- 12) paramètres de réchauffement (si exigé);
- 13) puissance par unité de longueur de la résistance de traçage à la température de maintenance souhaitée;
- 14) puissance totale;
- 15) intensité des courants de circuit, au démarrage et en régime permanent;
- 16) nomenclatures.

b) Plans d'installation:

- 1) plans isométriques d'installation de l'appareil;
- 2) emplacement de la tuyauterie avec numéros de conduites;
- 3) emplacement des connexions d'alimentation, des joints d'extrémité et des capteurs de température, le cas échéant;
- 4) longueur de la tuyauterie;
- 5) rapport de traçage de la résistance de traçage par longueur de tuyau;
- 6) longueur des résistances de traçage;
- 7) longueur supplémentaire de résistance de traçage appliquée aux vannes, supports de tuyau et autres dissipateurs thermiques;
- 8) tension de service;
- 9) numéro ou désignation du tableau de distribution électrique, désignation de l'équipement d'alarme et de régulation et points de consigne.

6.8 Système d'alimentation

Le système d'alimentation d'un système de traçage électrique est composé d'une source d'alimentation, de transformateurs de distribution et du système de distribution de la résistance de traçage. Se reporter à l'IEC 60364-1 pour obtenir des informations spécifiques.

La source d'alimentation étant un facteur essentiel dans la conception globale d'un système de traçage électrique, il est recommandé de déterminer les niveaux de tension et l'emplacement physique dès les premiers stades de la conception.

Il convient que les caractéristiques assignées en kilovoltampère (kVA) des transformateurs de distribution soient fonction de la charge de fonctionnement maximale de la conception, à laquelle s'ajoutent les considérations relatives au démarrage du circuit et aux réserves disponibles sélectionnées. Il convient que la charge de fonctionnement maximale de la conception et les charges de démarrage reposent sur la température minimale de démarrage. Pour optimiser la taille du transformateur, il convient d'envisager de démarrage avec le moins de circuits possible en même temps. Il convient que la caractéristique assignée en kVA du transformateur soit au moins égale à 125 % de la charge maximale calculée, en raison des courants de la résistance de traçage lors du démarrage à froid. Un système d'alimentation peut exiger la présence de plusieurs transformateurs de distribution, selon l'amplitude et la distribution physique des charges de la résistance de traçage. En second lieu, il convient que le transformateur de distribution soit un système mis à la terre.

Lors du développement du système de distribution, il convient de considérer son emplacement physique en liaison avec le circuit de tuyauterie. Lorsque la pratique le permet, disposer les tableaux dans des emplacements non classés et non corrosifs. Le choix de l'enveloppe du tableau de distribution est fonction de l'environnement et des classements des emplacements. Il convient de marquer clairement l'identification du système spécifique à l'extérieur de toutes les enveloppes, et il convient que les schémas de circuit soient aisément accessibles. Le câblage du circuit de branchement de chaque circuit de traçage exige un dispositif de protection contre les surintensités. Il convient de choisir les caractéristiques assignées du dispositif de protection du circuit de branchement en fonction des courants de démarrage de la résistance et de leur durée, à la température minimale que le dispositif de chauffage peut rencontrer jusqu'à ce que les conditions de fonctionnement de la conception soient atteintes.

Il convient qu'un seul dispositif de protection ne comporte pas plus de cinq dispositifs ou segments de chauffage.

6.9 Exigences pour la mise à la terre

Les exigences pour la mise à la terre comprennent ce qui suit:

- a) le revêtement électriquement conducteur de la résistance de traçage doit être connecté à l'installation de mise à la terre afin d'assurer un chemin à la terre efficace;
- b) dans les applications où le chemin à la terre principal dépend du revêtement électriquement conducteur, la résistance chimique du matériau doit être prise en compte si une exposition à des vapeurs ou liquides corrosifs peut se produire;
- c) en règle générale, les tresses et gaines en acier inoxydable présentent une résistance élevée et peuvent ne pas constituer des chemins à la terre efficaces. Il convient de considérer d'autres moyens de mise à la terre ou une protection de mise à la terre supplémentaire.

6.10 Protection de défaut à la terre du matériel

Il convient que la protection du circuit de branchement de la résistance de traçage soit capable d'interrompre les défauts à la terre à haute impédance, ainsi que les défauts shunt (voir IEC/IEEE 60079-30-1). Pour ce faire, un dispositif de protection contre les défauts à la terre présentant des caractéristiques assignées de déclenchement nominale de 30 mA ou un régulateur doté d'une capacité d'interruption de défaut à la terre doit être utilisé conjointement avec une protection de circuit adaptée. Le niveau de déclenchement préférentiel est nominale de 30 mA ou de 30 mA au-dessus des caractéristiques de fuite capacitives inhérentes à la résistance de traçage, comme spécifié par le fournisseur.

Lorsque des conditions de maintenance et de supervision assurent que seules des personnes qualifiées entretiennent les systèmes installés, et que le fonctionnement permanent du circuit

est nécessaire pour l'exploitation en toute sécurité de l'équipement ou des processus, la détection de défaut à la terre sans interruption est acceptable si l'alarme est déclenchée de manière à assurer une action appropriée.

6.11 Démarrage aux températures ambiantes minimales

Il convient que la valeur assignée et les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surintensités soient appropriées aux systèmes de traçage lorsque des conditions de démarrage aux températures ambiantes minimales peuvent se produire. Se reporter, dans ces cas, aux instructions du fournisseur de la résistance de traçage pour des détails et des recommandations complémentaires.

6.12 Parcours longs de résistance de traçage

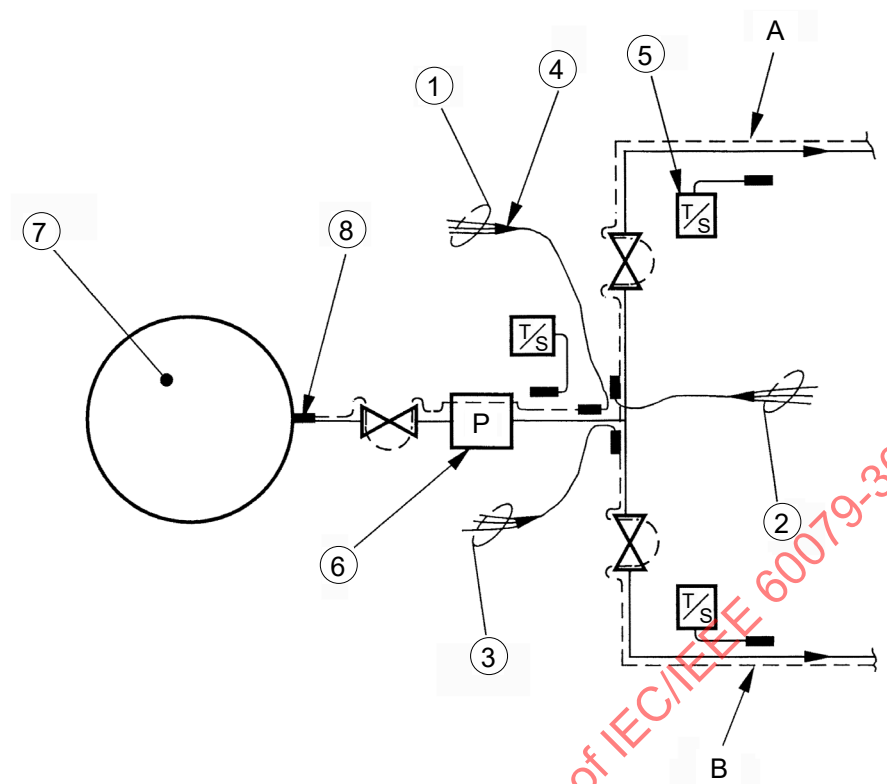
Lorsque des résistances de traçage de circuit en parallèle sont utilisées dans de longs parcours, la densité de puissance à la fin du parcours peut être inférieure à la densité de puissance du début, du fait d'une chute de tension. Il convient de placer le capteur de température à distance de la résistance de traçage et de la connexion d'alimentation, ainsi que des dissipateurs thermiques.

6.13 Analyse du chemin de circulation

Lorsqu'un contrôle de température critique est exigé, toutes les conditions possibles de circulation dans le réseau de tuyauterie doivent être considérées pour déterminer les segments de circuit de traçage. Cela est décrit par l'exemple représenté à la Figure 3. Les trois circuits de traçage à commandes séparées sont tous nécessaires au maintien de la température de maintenance souhaitée du circuit de tuyauterie. Lorsque le produit chauffé circule à partir du réservoir à travers le tuyau A, le circuit n° 1 et le circuit n° 2 sont mis hors tension et le circuit n° 3 qui chauffe la conduite sans circulation, demeure sous tension. Si les trois circuits sont combinés en un seul, en utilisant seulement une commande, la conduite sans circulation A ou B est mise hors tension et sa température chute au-dessous de la température de maintenance souhaitée.

Une dérivation autour d'une vanne de régulation constitue une autre occurrence commune lorsque des circuits complémentaires sont nécessaires, tel que représenté à la Figure 4.

Il s'agit de deux exemples de circuits de tuyauterie pour lesquels la conception du circuit nécessite une attention particulière. Les tronçons morts et les collecteurs exigent des dispositions spécifiques pour les dispositifs de traçage et leurs commandes associées.

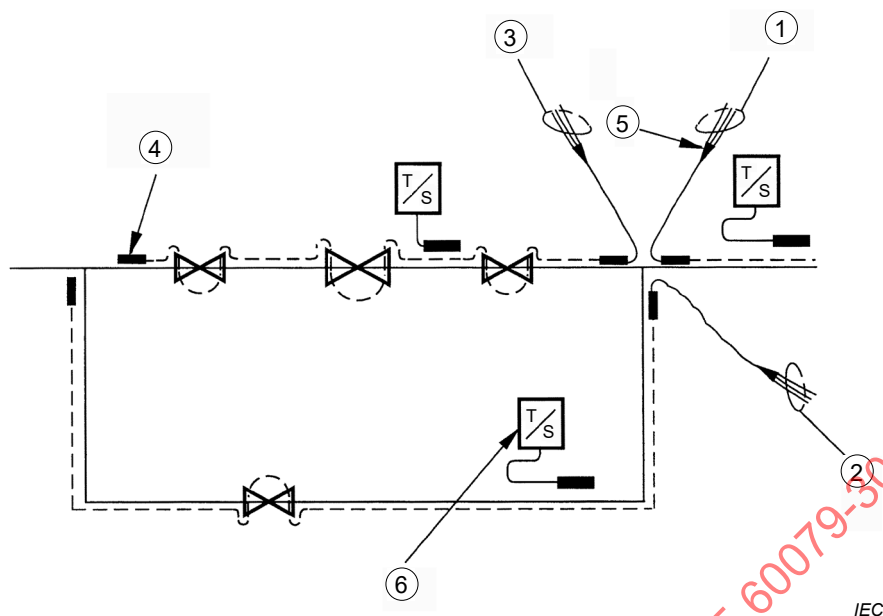


IEC

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 connecteur d'extrémité froid | 8 connecteur d'extrémité chaud |

Figure 3 – Exemple d'analyse du chemin de circulation



Légende

- | | |
|----------------|--------------------------------|
| 1 circuit n° 1 | 4 connecteur d'extrémité chaud |
| 2 circuit n° 2 | 5 connecteur d'extrémité froid |
| 3 circuit n° 3 | 6 capteur de température |

Figure 4 – Exemple de dérivation

6.14 Technique de contrôle de tronçon mort

Il s'agit d'une technique parfois utilisée pour le contrôle de la température de réseaux de tuyauteries et de collecteurs très complexes. Elle peut aussi être utilisée lorsqu'il faut maintenir le nombre total de régulateurs thermiques à un nombre minimal aux dépens de certaines économies d'énergie. Cette technique consiste à placer ou à fabriquer une section de tuyau qui:

- présente une condition d'écoulement statique à tout moment;
- présente la même perte de chaleur que les autres tuyauteries à réguler.

Ensuite, quelles que soient les conditions d'écoulement, toutes les sections sont chauffées. Toutes les sections présentant des conditions d'écoulement statiques au même moment possèdent alors la quantité appropriée de chaleur exigée tandis que la température ambiante varie. Des sections de tuyau qui présentent un écoulement peuvent être chauffées inutilement. L'approche du tronçon mort présente essentiellement l'intérêt d'offrir un compromis entre économies d'énergie et économies sur les frais initiaux. Cette technique peut ne pas être applicable avec des produits sensibles à la température.

Il convient de veiller en premier lieu au fait que la section du tronçon mort pour le contrôle est assez longue pour que sa température ne soit pas affectée par l'écoulement dans la tuyauterie supplémentaire et en second lieu, au fait que le capteur de température est situé sur la portion qui est thermiquement indépendante des conditions d'écoulement.

6.15 Effet de cheminée

En raison des effets de transfert de chaleur, une différence substantielle de température peut se produire entre la partie basse et la partie haute de longs parcours verticaux. Lorsqu'un contrôle de température rigoureux est nécessaire, deux circuits de régulation ou plus peuvent s'avérer nécessaires. La longueur maximale des circuits de régulation pour un long parcours vertical dépend de la tolérance pour la température de maintenance et des caractéristiques

de fluide à l'intérieur du tuyau. L'effet de cheminée peut être réduit au moyen d'une isolation hermétique ou par l'installation d'une isolation souple étanche à l'air entre le tuyau et l'isolation à des intervalles de un à deux mètres du parcours vertical.

6.16 Exigences relatives à la conception de la douche de sécurité et du bassin oculaire

L'application de dispositifs de chauffage aux douches de sécurité et aux bassins oculaires soulève des questions particulières en plus des pratiques générales associées aux applications industrielles de chauffage de tuyauterie. Dans la mesure où ces dispositifs sont appliqués dans le cadre de systèmes de sécurité globale du personnel, il est important de veiller à la température de l'eau et à la fiabilité du fonctionnement. De plus, ces applications exigent un contrôle plus précis de la température, afin de maintenir une plage étroite de températures de l'eau, à l'inverse de la plupart des systèmes de chauffage de tuyauterie.

Le traçage pour la tuyauterie des bassins oculaires de secours, des douches de sécurité et des conduites d'alimentation associées doit être correctement conçu afin d'éviter le gel ou maintenir un circuit d'alimentation en eau tiède. Pour la sécurité du personnel, l'eau ne doit pas dépasser une température maximale déterminée par les codes ou normes locaux (en général entre 16 °C et 35 °C). Des températures de maintenance spécifiques peuvent être exigées pour les bassins oculaires de secours et les douches de sécurité dans certaines applications. Les éléments à prendre en compte sont les suivants:

- a) la prévention des brûlures pendant l'utilisation exige de porter attention aux facteurs de conception au-delà des considérations normales;
- b) ces mêmes considérations de conception doivent être appliquées aux tuyauteries d'alimentation des bassins;
- c) il est recommandé de réduire le plus possible ou d'éliminer le facteur de sécurité appliqué aux calculs de perte de chaleur afin de limiter la température maximale d'emballement potentielle du tuyau;
- d) il convient que les circuits d'alimentation en eau tiède soient conçus pour maintenir l'eau entre 16 °C et 35 °C;
- e) pour les besoins du contrôle de la température, les circuits d'alimentation en eau tiède sont des processus de Type III (voir 4.3);
- f) un contrôle de la température maximale doté d'une alarme de limite haute est également exigé;
- g) les fonctions de surveillance recommandées incluent une alarme à basse température, une alarme de perte de tension et une mise sous tension annuelle de la résistance pour vérifier l'intégrité du circuit;
- h) prévoir l'emplacement du capteur de commande afin de réduire le plus possible les effets des points chauds dans les tuyauteries d'alimentation résultant de longs parcours verticaux et de l'apport solaire des tuyauteries aériennes en extérieur;
- i) les longs parcours verticaux ou les extensions de tuyauterie présentant un apport solaire élevé peuvent exiger d'utiliser des circuits séparés afin d'éviter de larges plages de température d'eau sur toute la longueur du circuit d'alimentation;
- j) dans toute la mesure du possible, il convient que les terminaisons et commandes se trouvent à l'extérieur du cône de vaporisation de la pomme de douche;
- k) il convient que les circuits d'alimentation en eau tiède permettent de traiter la prolifération des algues et des bactéries, en procédant généralement à un rinçage ou un recyclage régulier.
- l) dans les régions au climat extrêmement froid, il faut tenir compte de l'hypothermie du personnel qui se lave (utilisation possible d'une station de lavage fermée) et de la prévention du gel de l'eau rejetée à l'origine d'un danger dans la zone d'épandage.

7 Contrôle et surveillance

7.1 Généralités

Un système de contrôle et de surveillance qui satisfait aux exigences d'application de la présente norme et qui est approprié aux considérations d'application concernant les divers types de processus selon le degré de criticité et l'exactitude de la température de procédé, doit être utilisé comme indiqué en 4.3.

Les équipements de contrôle et de surveillance peuvent permettre un contrôle de la température pour assurer qu'aucune température maximale n'est dépassée, une surveillance pour la détection de défauts du circuit de résistance de traçage, une protection contre les surintensités, et une protection et une isolation contre le courant résiduel. Il est essentiel que toutes les exigences complémentaires pour des applications particulières, spécifiées par le concepteur de la résistance de traçage pour le système, satisfassent aussi pleinement aux exigences fonctionnelles et de sécurité.

Dans toute la mesure du possible, il convient que le dispositif de contrôle de température et/ou le limiteur se situent à l'extérieur de l'atmosphère explosive. Si cela s'avère impossible, l'utilisation de ce dispositif de protection dans ces emplacements doit être certifiée.

7.2 Régulateurs mécaniques

Les régulateurs mécaniques, tels que les thermostats, utilisent deux principes distincts: un élément bimétallique ou la dilatation d'un fluide confiné dans un bulbe ou un bulbe et capillaire. Des variations de températures entraînent un déplacement de position actionnant des contacts électriques qui établissent ou coupent le circuit.

Les régulateurs mécaniques sont robustes. Toutefois, l'élément sensible court empêchant le montage sur panneau distant, l'étalonnage sur site s'avère peu pratique. Les thermostats sont montés sur site.

La sélection du capteur de température utilisé avec un régulateur mécanique doit tenir compte des caractéristiques thermiques assignées maximales du capteur et de ses parties constitutives, et de toutes les conditions de corrosion auxquelles il peut être soumis.

Les capillaires placés sur site et les thermostats de type bimétalliques doivent être dotés d'un mode de protection adapté à une utilisation dans le classement d'atmosphères explosives approprié à l'installation.

7.3 Régulateurs électroniques

Les capteurs de régulateurs électroniques comportent généralement des capteurs de température à résistance (RTD), des thermomètres à résistance de platine (TRP), 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 placés dans le tableau de distribution et de commande pour faciliter l'accès à l'opérateur et pour toute opération de maintenance.

Ces régulateurs traitent électroniquement le signal du capteur afin de commuter un relais électromécanique ou un dispositif à semiconducteurs pour une commande tout ou rien ou une commande de phase.

7.4 Caractère approprié de l'application

Les systèmes de protection contre le gel faisant l'objet d'une exigence d'exactitude de température de procédé de type I (conformément à 4.3.1) ne peuvent exiger qu'un système de commande simple sensible à l'air ambiant. Pour un rendement énergétique amélioré et pour une exactitude de la température de procédé de type II ou de type III (conformément à

4.3.2 et 4.3.3 respectivement), il convient d'envisager des dispositifs de commande sensibles à l'air ou aux tuyaux différents ou supplémentaires.

La plupart des applications de température de procédé sont de type II ou de type III, ce qui exige de détecter la température du tuyau, et sont souvent dotées d'au moins un thermostat mécanique.

Pour les applications critiques et/ou lorsque les températures sont à contrôler dans une plage étroite (type III), des fonctions d'alarme indiquant, par exemple, la présence d'une température de procédé élevée ou basse et la défaillance du circuit de traçage, peuvent être exigées. Lorsque les conditions ou la spécification du poste l'exigent, il convient d'utiliser des commandes électroniques. Les systèmes sont souvent dotés d'alarmes de continuité, de défaut à la terre, de diagnostic du système et de coupure pour température maximale. Selon les exigences du système, les signaux de limite maximale peuvent être configurés pour déclencher une alarme et/ou actionner le dispositif de protection du circuit.

7.5 Emplacement des régulateurs

Les régulateurs électroniques sont souvent regroupés dans un coffret commun, qui doit satisfaire aux exigences du classement des atmosphères explosives, si applicable. Il convient d'envisager le regroupement des régulateurs à l'extérieur de l'atmosphère explosive. Dans toute la mesure du possible, il convient de placer les régulateurs thermiques de manière à faciliter un libre accès pour les opérations de maintenance et d'étalonnage pratiques.

7.6 Emplacement des capteurs

Le nombre et l'emplacement des capteurs sont déterminés par les exigences des critères de conception de processus.

- Il convient de positionner les capteurs en des points représentatifs de la température de maintien.
- Lorsque deux câbles de traçage ou plus se rencontrent ou se rejoignent, il convient de monter les capteurs entre 1 m et 1,5 m de la jonction.
- Si le circuit de résistance de traçage inclut à la fois une tuyauterie et des dissipateurs thermiques en ligne ou des sources de chaleur, il convient de placer le capteur sur une section du tuyau dans le système à une distance comprise entre 1 m et 1,5 m des dissipateurs thermiques en ligne ou des sources de chaleur.
- Lorsqu'un circuit de chauffage de canalisation parcourt des emplacements de températures ambiantes différentes (l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment chauffé, par exemple), deux capteurs et commandes associées peuvent être exigés pour contrôler correctement les températures de canalisation.
- Dans les circuits de tuyauterie complexes, les chemins de circulation doivent être évalués dans toutes les circonstances possibles avant de choisir l'emplacement du capteur. Des informations détaillées sur cette évaluation sont données en 6.13 et 6.14.
- Il convient de placer le capteur de température de contrôle de manière à éviter les effets de température directs de la résistance de traçage. Il convient de monter solidement le capteur pour assurer un bon contact thermique avec l'objet.
- La sensibilité thermique de certains matériaux de procédé et de certains types de matériaux de tuyauterie peut justifier, à la fois, un dispositif de contrôle et un dispositif de limitation de la température maximale. Il convient de placer le capteur de commande au moins 90° autour de la circonférence de la résistance de traçage. Le capteur de température maximale peut être placé immédiatement à côté de la résistance de traçage avec un point de consigne à la température maximale admissible du matériel ou du système, moins une marge de sécurité.
- Lorsqu'un capteur de température maximale est utilisé pour limiter la température de la gaine en atmosphères explosives, le capteur peut être placé directement sur la résistance de traçage ou à distance pour ne pas agir comme dissipateur thermique. Si le capteur est

placé à distance de la résistance de traçage, il est nécessaire que le point de consigne soit plus bas que la limite de température maximale spécifiée (se reporter à 8.4.4.4) de manière à compenser le différentiel calculé entre la température du tuyau et la température de la gaine.

7.7 Considérations relatives à l'alarme

7.7.1 Généralités

La fonction principale d'un circuit d'alarme est d'alerter le personnel d'exploitation du fait que le système de traçage peut fonctionner hors des limites de conception, et qu'il doit donc être contrôlé pour toute action corrective éventuelle. Le type et la fonction des différents systèmes d'alarme dépendent des exigences du processus (voir 4.3 et 4.4). Les alarmes, dans leur intégralité ou en partie, peuvent être incorporées dans le système d'enregistrement des données. Les caractéristiques des dispositifs les plus courants sont énumérées de 7.7.2 à 7.7.4.

7.7.2 Alarme pour circuit de traçage

Une alarme pour circuit de traçage est utilisée pour détecter la perte de courant, de tension ou de continuité du circuit de traçage et comprend (sans toutefois s'y limiter) les éléments suivants:

- a) un dispositif de détection de courant qui surveille le courant de la résistance de traçage et déclenche une alarme si le courant chute en dessous d'une valeur minimale préalablement définie, tandis que l'interrupteur thermostatique se ferme;
- b) un dispositif sensible aux variations de tension, qui surveille la tension à l'extrémité de la résistance de traçage (habituellement un câble chauffant de type parallèle) ou surveille la tension sur un fil de retour installé dans la résistance de traçage;
- c) des dispositifs de détection de résistance ou de continuité qui surveillent le circuit de traçage lorsque le système est mis hors tension. En général, un signal ou une impulsion à basse tension est transmis(e) dans la résistance de traçage et surveillé(e).

7.7.3 Alarmes de température

Les alarmes de température sont utilisées pour réaliser les fonctions suivantes:

- a) alarme à basse température: indique que la température du circuit de tuyauterie, et donc la température du matériau de procédé, ont chuté en dessous d'une valeur minimale préalablement établie et que le refroidissement résultant peut se situer à un niveau supérieur aux critères de conception de fonctionnement acceptables. L'alarme est intégrée à un régulateur thermique ou installée en tant que dispositif séparé;
- b) alarme à haute température: indique que la température du circuit de tuyauterie, et donc la température de matériau de procédé, ont dépassé une valeur maximale de température préalablement définie, et que le réchauffement résultant peut se situer à un niveau supérieur aux critères de conception de fonctionnement acceptables. Comme avec l'alarme à basse température, l'alarme est intégrée à un régulateur thermique ou installée en tant que dispositif séparé.

7.7.4 Autres alarmes

D'autres alarmes disponibles comprennent (sans toutefois s'y limiter) les dispositifs suivants:

- a) alarme à contact auxiliaire: est utilisée pour indiquer qu'un contacteur est fermé et que la puissance est fournie au circuit de traçage. Elle donne des informations à l'opérateur destinées à confirmer que le contacteur fonctionne correctement mais n'assure pas le bon fonctionnement du circuit de traçage si un second contacteur est ouvert ou si la résistance de traçage a perdu la continuité;
- b) dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR): ces dispositifs présentant un niveau de déclenchement de courant sélectionné unique sont également dotés de contacts d'alarme. Ces dispositifs surveillent le courant de fuite à la terre du circuit

électrique. Si le total dépasse le courant de déclenchement sélectionné du dispositif, celui-ci se déclenche en indiquant une défaillance et interrompt l'alimentation du circuit. De plus, ces dispositifs de surveillance sont disponibles avec une fonction d'alarme seulement;

- c) alarme actionnée par commutateur: déclenchée en général par un contact auxiliaire sur le régulateur thermique;
- d) détecteur de courant: l'appareil est composé d'un commutateur de dérivation de contrôle de température et d'un ampèremètre ou de relais et d'alarmes sensibles au courant;
- e) alarme de diagnostic: déclenchée par un circuit de diagnostic à l'intérieur du régulateur électronique, signalant la défaillance d'une commande interne, d'un circuit logique de traitement de données ou de capteurs de température;
- f) alarme d'appareil de sectionnement: activée par un contact auxiliaire disposé sur l'appareil de sectionnement pour indiquer l'ouverture de ce dernier.

7.7.5 Régulation intégrée

Il peut s'avérer nécessaire d'intégrer les circuits de régulation et d'alarme du système de traçage à un système centralisé (maître) de contrôle et de surveillance. Pour assurer un transfert des données satisfaisant et fiable, l'équipement doit être choisi avec attention pour être compatible à la fois pour les fonctions de régulation et de supervision.

8 Recommandations pour l'installation

8.1 Généralités

Chaque système de traçage par résistance électrique est conçu pour satisfaire aux exigences du processus et de l'installation spécifiques. Le système comprenant un certain nombre de composants intégrés sur le site, il est de ce fait nécessaire de s'assurer que les paramètres de conception utilisés sur le site d'installation sont toujours valides lors de l'installation du système de traçage, et que les composants sont également correctement installés. Des essais et une maintenance appropriés sont essentiels pour assurer des performances et une sécurité satisfaisantes.

8.2 Travaux préparatoires

8.2.1 Généralités

Il convient d'exécuter tous les travaux préparatoires conformément à la documentation de conception, et il convient de vérifier chaque article énuméré ci-après à la fin des travaux.

8.2.2 Planification et coordination

Il convient de n'installer le système de traçage qu'après la réalisation d'un essai de pression sur l'ensemble des parcours de tuyauterie et des équipements et après l'installation de toute l'instrumentation correspondante. Il convient que la surface de l'objet sur laquelle la résistance de traçage est à installer soit exempte de rouille, graisse, huile, etc. Il convient d'éliminer toutes les protubérances vives, telles que les projections de soudure, les projections de ciment, etc. Tous les revêtements ou toutes les finitions appliqué(e)s aux surfaces chauffées doivent être adapté(e)s au service prévu. Il convient de coordonner l'installation du système de traçage avec les tâches concernant l'objet, l'isolation thermique et les instruments pour assurer une date d'achèvement prévue. Il convient que la planification de l'installation de l'isolation thermique n'intervienne pas avant que la résistance de traçage électrique ait été complètement installée et soumise à l'essai.

8.2.3 Confirmation de l'équipement

Il convient de vérifier l'équipement sur le site à tracer, de façon à ce que la longueur de la tuyauterie et le nombre de cuves, vannes, brides et composants soient conformes aux plans de conception. Le nombre de résistances de traçage dépend du nombre de ces articles. Dès qu'une modification est apportée à l'équipement à tracer, la liste des matériaux des résistances de traçage doit être revue.

8.2.4 Réception des matériaux

Lors de la réception des composants du système de traçage, il convient de procéder à un examen général et de confirmer le type et les quantités de matériaux et la documentation. Il convient de vérifier toutes les résistances de traçage, à savoir le type par rapport au catalogue, les marquages du produit et de l'emballage, les caractéristiques assignées de puissance et de tension, la quantité et les caractéristiques particulières. De plus, il convient de vérifier, comme exigé, la réception des instructions d'installation et le certificat de conformité ou de déclaration de conformité de la part d'un organisme notifié.

8.2.5 Stockage et manutention

Il convient de stocker les matériaux dans des emplacements secs et protégés. Les matériaux sont à mettre en circulation uniquement lorsque le chantier l'exige, de manière à éviter toute manutention inutile et des dommages involontaires.

8.2.6 Aspects concernant le personnel

Il convient que les personnes impliquées dans l'installation et les essais des systèmes de traçage électrique soient correctement formées à toutes les techniques particulières exigées. Il convient de procéder à l'installation sous la surveillance d'un électricien qualifié ayant suivi une formation complémentaire relative aux systèmes de traçages électriques utilisés en atmosphères explosives. Seul le personnel ayant une formation spécifique doit effectuer les travaux particulièrement critiques, tels que l'installation de connexions et de terminaisons.

8.3 Installation des circuits de traçage

8.3.1 Coordination et vérification de l'équipement

Il convient que les plans et les données de conception des circuits de traçage soient disponibles pour coordonner le travail d'installation. Avant l'installation, il convient de vérifier la tuyauterie conforme à l'exécution et les autres équipements par rapport aux plans. Toute modification par rapport aux plans peut nécessiter une modification des résistances de traçage. Il convient de coordonner l'installation du système de traçage avec les tâches concernant la tuyauterie, l'isolation thermique et les instruments pour assurer une date d'achèvement prévue.

Le fournisseur du système de traçage est tenu de communiquer des instructions spécifiques aux résistances de traçage et aux différents types de composants du système. Les instructions concernant les composants et les résistances de traçage adaptés et prévus pour une utilisation dans des atmosphères non classées et explosives doivent être clairement identifiées.

8.3.2 Essais préalables à l'installation et vérification de la conception

Les essais suivants doivent être réalisés et documentés sur une liste de contrôle d'installation (voir Tableau B.1). Une liste des points classiques à revoir est présentée au Tableau 1. Les conditions d'installation doivent être examinées pour chaque conception de circuit, et le concepteur du circuit doit être informé en cas de divergences.

- a) les résistances de traçage doivent faire l'objet d'une vérification visuelle pour détecter d'éventuels dommages. Il convient de mesurer la continuité conformément au Tableau B.1, et il convient de mesurer la résistance d'isolement conformément à 8.3.4. Il convient d'enregistrer les résultats sur la liste de contrôle d'installation;
- b) les commandes individuelles doivent être vérifiées par essai pour s'assurer de l'étalonnage correct, y compris, sans toutefois s'y limiter, les points de consigne, la plage de températures de fonctionnement et leur portée;
- c) les tableaux de commande fabriqués et assemblés par le fournisseur doivent être accompagnés de la documentation certifiant que tous les câblages, que la disposition et que les fonctions sont corrects et qu'ils ont été vérifiés par essai. À réception des tableaux de commande sur le site d'exploitation, un examen général doit être effectué pour confirmer également qu'aucune détérioration ne s'est produite pendant le transport.

8.3.3 Examen visuel

Les résistances de traçage ne doivent présenter aucun dommage physique. Les connexions préalablement assemblées en usine doivent être suffisamment robustes pour supporter les conditions normalement prévues pendant l'installation.

8.3.4 Essai de résistance d'isolement

La résistance d'isolement doit être mesurée entre les conducteurs de la résistance de traçage et le revêtement électriquement conducteur avec une tension d'essai d'au moins 500 V en courant continu. Toutefois, il est vivement recommandé d'utiliser des tensions d'essai plus élevées. Il convient de soumettre à l'essai les résistances de traçage à isolation minérale à, mais sans dépasser, 1 000 V en courant continu et les résistances de traçage à isolant polymère à 2 500 V en courant continu. La résistance d'isolement mesurée ne doit pas être inférieure à 20 MΩ.

8.3.5 Remplacement de composants

Le remplacement de composants fait l'objet des limitations suivantes:

- a) les composants figurant spécifiquement dans les instructions d'installation ou de maintenance du fournisseur ne doivent pas être remplacés par des pièces similaires, sauf si les composants font partie de la certification;
- b) d'autres composants spécifiés dans les instructions d'installation ou de maintenance du fournisseur peuvent être remplacés par un composant aux caractéristiques assignées appropriées;
- c) les composants faisant partie intégrante d'un système de câblage assurant l'alimentation électrique de la résistance de traçage peuvent être remplacés par un composant aux caractéristiques assignées appropriées, acceptable pour l'autorité compétente.

8.3.6 Emplacement de l'alimentation électrique

L'emplacement de l'alimentation électrique doit être déterminé et spécifié avant d'installer les résistances de traçage. Les boîtes de jonction doivent être montées de manière à ce que la résistance de traçage ne puisse pas être endommagée entre le point auquel elle émerge de l'isolation et le point d'entrée dans la boîte de jonction.

Tableau 1 – Contrôles préalables à l'installation

Éléments soumis au contrôle		Remarques
1	L'objet est-il totalement monté et soumis aux essais et tous les supports temporaires sont-ils enlevés? La surface à chauffer est-elle exempte de toute arête vive, de projection de soudure et de surfaces rugueuses?	Tout soudage ou essai de pression après l'installation d'une résistance de traçage peut endommager le dispositif Voir 8.2.2, 8.3.7.1 et 8.4.1
2	La surface sur laquelle la résistance de traçage est à appliquer est-elle métallique (thermiquement conductrice) ou non métallique?	Si la surface est en acier inoxydable poli, un tuyau à paroi très mince ou non métallique de quelque nature que ce soit, des précautions particulières peuvent s'avérer nécessaires
3	Les éléments à chauffer correspondent-ils en taille, position, etc. avec la conception?	Il est parfois difficile d'être sûr que le tuyau correct est chauffé. Un système de numérotation de conduites adapté peut être utile
4	A-t-il été précisé qu'une feuille métallique est à installer avant l'application de la résistance de traçage?	Cela peut faciliter la distribution de chaleur
5	A-t-il été précisé qu'une feuille métallique est à installer après l'application de la résistance de traçage?	Cela peut permettre d'éviter que l'isolation n'entoure la résistance de traçage ou peut faciliter la distribution de chaleur
6	L'écoulement de produit dans des conditions normales ou anormales peut-il atteindre des températures supérieures à celles que la résistance de traçage peut supporter?	Cette question est normalement traitée au stade de la conception. Toutefois, des discussions approfondies avec le personnel sur site peuvent révéler que des informations incorrectes ou obsolètes ont été utilisées
7	La documentation la plus récente sur le système de traçage (schémas de travail, conception, et instructions) est-elle disponible?	Aucune modification ne doit être envisagée sans consulter la documentation du système de traçage, étant donné qu'il peut être nécessaire d'effectuer des calculs théoriques de manière répétée pour assurer un fonctionnement en toute sécurité
8	Les tuyaux ou surfaces peuvent-ils se dilater et se contracter au point d'appliquer une contrainte sur toute partie de l'installation du système de traçage?	Dans ce cas, il est nécessaire de prendre des précautions pour éviter des dommages
9	Des capteurs de régulateurs thermiques peuvent-ils être affectés par des influences externes?	Un circuit de chauffage adjacent peut affecter le capteur
10	Faut-il que la résistance de traçage soit en spirale ou en zigzag sur l'objet, conformément à la conception?	Vérifier la charge théorique par unité de longueur du tuyau (ou zone de surface) pour déterminer si l'application en spirale ou en zigzag est nécessaire
11	Les connexions froides, une fois installées, sont-elles adaptées au contact avec la surface chauffée?	Si la connexion froide est à placer sous l'isolation, il faut qu'elle puisse résister à la température
12	La tuyauterie est-elle suspendue à un râtelier à tuyaux?	Dans ce cas, des précautions particulières sont exigées pour assurer la résistance de l'isolation aux intempéries aux points de suspension
13	La tuyauterie a-t-elle son complément entier de supports?	L'ajout de supports intermédiaires à un stade ultérieur peut endommager le système chauffant
14	Des conduites de purge/conduites d'échantillonnage, etc. se trouvent-elles sur le site mais pas sur les schémas?	Celles-ci peuvent obstruer ou empêcher l'installation de la résistance de traçage, et il peut être nécessaire de consulter la documentation du système de traçage
15	D'autres paramètres sont-ils utilisés dans la conception de l'équipement, tels que les supports de tuyau selon la spécification de la documentation de conception?	Des longueurs plus ou moins importantes de résistance de traçage, par rapport à celles prévues lors de la conception, peuvent être exigées. Cela peut exiger une nouvelle conception du circuit.
16	Les résistances de traçage, les régulateurs, les boîtes de jonction, les interrupteurs, les presse-étoupes, etc., sont-ils adaptés au classement en atmosphère explosive et aux conditions ambiantes, et sont-ils protégés si nécessaire contre la corrosion et la pénétration de liquides et de matières particulaires?	Si la conception de la résistance de traçage ne satisfait pas à l'application prévue, le circuit doit faire l'objet d'une nouvelle conception et la documentation du système doit être mise à jour.

8.3.7 Installation des résistances de traçage

8.3.7.1 Généralités

Il convient de fixer les résistances de traçage à la tuyauterie et à l'équipement conformément aux instructions du fournisseur, sur une portion propre et lisse de l'équipement. Il convient d'accorder un soin particulier aux brides, vannes et autres raccords de tuyauterie afin d'orienter les résistances de traçage de manière à éviter les dommages provenant de surfaces à arêtes vives ou ébréchées, ainsi que les dommages dus aux chocs, à l'abrasion ou aux vibrations. Il convient de s'assurer que la résistance de traçage, la ou les terminaisons et la ou les connexions froides peuvent s'adapter aux mouvements et aux vibrations de la tuyauterie et de l'équipement.

Il convient que l'installateur mesure l'importance de la résistance de traçage pour assurer la distribution uniforme de chaleur de la tuyauterie et d'autres équipements, en sachant qu'un équipement avec une masse plus importante ou des dissipateurs thermiques exige un traçage supplémentaire. Il convient d'installer la résistance de traçage de manière à assurer un contact le plus étroit possible avec la surface à chauffer. Lorsque ce contact n'est pas possible (comme sur les vannes, par exemple), un revêtement à conductivité thermique adapté composé d'une feuille métallique à température assignée ou autres matériaux à conductivité thermique peut être utilisé.

Il convient de ne pas plier ou tordre la résistance de traçage, ni de permettre un recouvrement, un croisement ou un contact sur elle-même, sauf autorisation spécifique figurant dans les instructions du fournisseur. Il convient de veiller aux rayons de courbure minimaux spécifiés par le fournisseur.

Dans l'installation des systèmes de résistance de traçage, seuls des composants d'origine peuvent être utilisés. Sinon, le système ne satisfait pas au certificat.

Les résistances de traçage peuvent être fabriquées sur site. Voir 6.4.2.

8.3.7.2 Parcours de traçage rectiligne sur tuyau

Il convient d'espacer de façon égale les résistances de traçage multiples rectilignes, autour de la circonférence du tuyau. Il convient de fournir des longueurs supplémentaires de résistance de traçage pour compenser les pertes de chaleur supplémentaires aux points de support, de suspension, d'ancrage des tuyaux, etc.

8.3.7.3 Parcours de traçage en spirale sur tuyau

Il convient d'effectuer le marquage du pas de spire sur le tuyau et l'équipement avant d'appliquer la résistance de traçage en spirale uniforme, en commençant au point d'alimentation et en maintenant une légère tension dans la résistance de traçage au moment de son application. Il convient que l'espacement ne soit en aucun cas inférieur à la valeur minimale déclarée par le fournisseur.

Il convient d'appliquer les parcours de traçage en spirale de manière à pouvoir retirer ou remplacer aisément les vannes, etc. Si le nombre de résistances de traçage est trop élevé ou insuffisant à l'extrémité de la section à chauffer, il convient de raccourcir ou d'allonger le pas de spire, afin de conserver une spirale uniforme, généralement conformément à la conception.

NOTE Alors que le traçage en spirale peut s'avérer plus pratique sur des parcours, des tuyauteries et des équipements courts, les parcours de traçage multiples rectilignes sont souvent préférables pour faciliter l'installation et la maintenance.

8.3.7.4 Équipement en ligne tel que des vannes

Il convient d'autoriser des longueurs supplémentaires de résistance de traçage dans la conception afin de compenser les pertes de chaleur supplémentaires au niveau des vannes, brides, filtres à tamis, pompes, etc.. Il convient d'appliquer ces longueurs conformément aux instructions du fournisseur.

Il convient d'installer les résistances de traçage de sorte qu'elles puissent être retirées pour permettre le remplacement des joints (comme des joints d'étanchéité à brides) et le fonctionnement de l'équipement en ligne sans dommage (comme les vannes et les filtres des filtres à tamis). Il convient, lorsque l'IEC 60079-15 l'autorise pour les prises de courant ne produisant pas d'étincelles, d'envisager d'installer des dispositifs à désaccouplement rapide sur un ou les deux côtés d'un équipement en ligne à maintenance importante. Lorsque des résistances de traçage croisent des sources éventuelles de fuites (des brides, par exemple), il convient de les placer de manière à réduire le plus possible tout contact avec le milieu de fuite.

8.3.7.5 Fixation et cerclage

Il convient que les matériaux de fixation soient adaptés à la température maximale d'exposition et aux conditions ambiantes. S'agissant des parcours de traçage rectilignes, il convient de les placer à intervalles de 300 mm au maximum, et pour les parcours de traçage en spirale à intervalles de 2 000 mm au maximum. Il convient d'appliquer des fixations supplémentaires aux courbures, brides et autres obstacles.

Il convient d'utiliser des bandes métalliques ou des fils d'attache comme cela est recommandé par le constructeur, uniquement pour fixer les résistances de traçage à gaine métallique solide à la tuyauterie et à l'équipement, et de les serrer pour maintenir le contact avec la surface à chauffer. Un serrage trop important peut endommager la résistance de traçage.

8.3.7.6 Essai de résistance d'isolement des résistances de traçage

La procédure d'essai de 8.3.4 doit être suivie pour toutes les résistances de traçage après installation. Les résultats doivent être enregistrés dans un relevé d'installation (voir Tableau B.1).

8.3.8 Connexions et terminaisons

8.3.8.1 Généralités

Il est essentiel que tous les types de résistances de traçage soient équipés des terminaisons adéquates. Les connexions et terminaisons réalisées sur le site d'exploitation doivent rigoureusement respecter les instructions du fournisseur. Il convient d'examiner l'équipement fabriqué en usine afin de s'assurer que les terminaisons sont complètes et correctement étiquetées et/ou marquées conformément à l'IEC/IEEE 60079-30-1. Il est important que l'installateur examine les certifications, les caractéristiques thermiques assignées des connexions et des terminaisons, ainsi que leur pertinence pour les conditions de fonctionnement.

Il convient de vérifier les résistances de traçage en série dont les terminaisons sont réalisées sur site, avant installation, afin de s'assurer que les longueurs installées correspondent à la longueur et à la charge théoriques. Lorsque les terminaisons des résistances de traçage à isolation minérale sont réalisées sur le chantier, il convient de sceller immédiatement les extrémités découpées pour prévenir toute infiltration d'humidité. S'agissant des résistances de traçage pour circuit en parallèle, il convient de ne pas dépasser les recommandations du fournisseur relatives à la longueur totale de circuit.

8.3.8.2 Kits de connexion

Il convient d'installer en toute sécurité les kits de connexion d'une résistance de traçage conformément aux instructions du fournisseur, de les protéger pour éviter les dommages physiques et de les positionner afin d'éviter l'infiltration d'eau ou d'autres contaminants qui peuvent affecter défavorablement son utilisation ou son caractère approprié.

8.3.8.3 Boîtes de jonction

Les circuits des résistances de traçage doivent être connectés dans des boîtes certifiées pour les méthodes de protection appropriées, et qui présentent un niveau de protection adapté contre la pénétration. Il convient de placer les boîtes de jonction aussi près que possible du point de sortie de la résistance de traçage, en admettant toute dilatation des tuyaux. Il convient que les couvercles des boîtes de jonction ne restent pas ouverts en permanence.

8.3.8.4 Connexions froides

Il convient de procéder à des vérifications pour s'assurer que les joints sont étanches à l'eau, le cas échéant, et que la liaison à la terre est correcte. Il convient que les connexions froides, lorsqu'elles sont utilisées, émergent de l'isolation thermique environnante de manière à rendre impossible l'infiltration d'eau ou d'autres contaminants. Il convient de protéger les connexions froides lorsqu'elles sortent à travers l'isolation thermique.

Les connexions froides doivent être placées ou modifiées sur site uniquement en stricte conformité avec les instructions du fournisseur et les conditions d'utilisation spécifiées par les certifications. Lorsque des connexions froides ont été couplées à des résistances de traçage à gaine métallique par soudage ou brasage, il convient de ne plier ni les résistances de traçage ni la connexion froide à proximité d'une brasure.

Lorsque cela est admis pour le type d'équipement concerné, il convient d'utiliser des bandes métalliques ou du fil métallique, comme cela est recommandé par le constructeur, sur les deux côtés des joints des connexions froides afin d'éviter tout mouvement lors de leur fixation sur le tuyau ou l'équipement.

8.3.8.5 Entrées de résistance de traçage et presse-étoupes

Les joints et/ou les presse-étoupes des résistances de traçage doivent être certifiés. Les presse-étoupes doivent être complètement vissés dans la boîte, et comprimés pour assurer une étanchéité complète. Les entrées inutilisées doivent être obturées à l'aide de bouchons adaptés. Si des entrées non filetées sont utilisées, la taille de l'entrée doit fournir un dégagement suffisant pour la partie filetée du presse-étoupe, en serrant l'écrou arrière contre une rondelle d'étanchéité compressible afin de rendre étanche le presse-étoupe sur l'enveloppe.

Il convient de ne pas achever les extrémités de conducteurs (8.3.8.9) tant que toutes les autres connexions et que le connecteur d'extrémité n'ont pas été assemblés, et que l'essai de résistance d'isolement du circuit (8.3.8.8) n'a pas été réalisé.

8.3.8.6 Raccordement, épissage et modifications

Le raccordement, l'épissage et les modifications de la résistance de traçage doivent être effectués sur site uniquement en stricte conformité avec les instructions du fournisseur. Un tel travail sur les résistances de traçage en atmosphères explosives peut invalider la certification des atmosphères explosives. Cela s'applique en particulier aux modifications apportées aux résistances de traçage, lorsqu'un changement d'unité de longueur modifie la densité de puissance de la résistance de traçage et affecte la température de la gaine. Les modifications doivent être consignées dans la documentation du système.

8.3.8.7 Connecteurs d'extrémité

Le connecteur d'extrémité d'une résistance de traçage doit être fixé solidement conformément aux instructions du fournisseur, et protégé pour éviter les dommages physiques et l'infiltration d'eau ou d'autres contaminants qui peuvent affecter défavorablement son utilisation ou son caractère approprié.

8.3.8.8 Essai de résistance d'isolement du circuit de résistance de traçage

La procédure d'essai de 8.3.4 doit être réalisée sur tous les circuits de résistance de traçage après installation. Les résultats doivent être enregistrés dans un relevé d'installation (voir Tableau B.1).

8.3.8.9 Terminaisons de conducteurs

Les terminaisons doivent être de taille et de valeurs assignées suffisantes pour accepter les conducteurs, qui peuvent être des fils solides ou torsadés, voire des feuilles. Il convient de veiller à ne pas endommager les conducteurs en dénudant l'isolation.

Les connecteurs de type à compression ou à sertir et les férules doivent être d'une taille correcte et d'un type approuvé pour le conducteur en question. Les outils de compression doivent être adaptés aux types spécifiques de raccords et en bon état.

Les résistances de traçage qui ont été installées et non achevées doivent être étanches pour éviter la pénétration d'humidité et doivent être protégées contre les dommages en attendant la réalisation de la terminaison.

8.3.8.10 Préparation de la documentation

Le type, la longueur et les données électriques de chaque résistance de traçage doivent être examinés et consignés dans la documentation finale de l'installation. Les points de connexion et autres paramètres du système doivent être consignés dans la documentation de l'installation, accompagnés des schémas de tuyauterie et d'instrumentation, si nécessaire.

8.4 Installation de l'équipement de contrôle et de surveillance

8.4.1 Généralités

L'installateur est en général responsable de la fixation des tableaux de commande, de surveillance et de distribution. Ceux-ci assurent la protection contre les surintensités et les fuites à la terre, ainsi que des moyens d'isolation. Une forme de contrôle ou de limitation de la température est en général fournie pour assurer des températures respectant la sécurité ou à des fins de rendement énergétique.

8.4.2 Vérification du caractère approprié de l'équipement

Les régulateurs, thermostats, capteurs et dispositifs connexes choisis doivent satisfaire aux exigences de l'ensemble du système eu égard à la température de service, les caractéristiques assignées IP (protection contre la pénétration) et la méthode de protection. La certification des systèmes de traçage peut spécifier l'utilisation de composants spécifiques. Dans ces cas, seules les pièces spécifiées par le constructeur doivent être utilisées.

8.4.3 Régulateur thermique et dispositifs de surveillance

Les capteurs des régulateurs thermiques peuvent s'appliquer au tuyau ou à l'équipement, peuvent mesurer directement la température du fluide lorsqu'ils sont utilisés pour une régulation de type II ou de type III ou peuvent mesurer la température ambiante lorsqu'ils sont utilisés pour une régulation de type I. Il s'agit en général de capteurs de température à résistance, de thermostats à tube capillaire et de thermocouples.

Lorsque les capteurs sont installés sur des surfaces, un couplage thermique efficace est essentiel. Le diamètre et la longueur des capteurs peuvent affecter le mesurage de la température.

L'intrusion de vapeur corrosive et d'eau peut provoquer des défaillances des régulateurs thermiques. Il convient de maintenir fermé le couvercle d'un boîtier de régulateur, avant, pendant et après l'installation, sauf en cas d'exigence d'accès.

8.4.4 Considérations relatives au capteur

8.4.4.1 Installation générale du capteur

Il convient d'installer et de placer le capteur conformément aux instructions du fournisseur. Il convient de ne pas placer le capteur de commande dans des emplacements de chaleur rayonnée externe, d'apport solaire, de décharge de chaleur industrielle ou à proximité d'un bâtiment chauffé. Il convient de s'assurer que le capteur peut détecter les conditions thermiques appropriées dans une zone de traçage par résistance, loin de l'extrémité d'un tuyau ou d'un support de tuyau. Il convient que les éléments de détection de la température ambiante soient situés de manière à ne pas être exposés à un ensoleillement direct ou à d'autres sources de chaleur.

Il convient de fixer le capteur avec un bon contact thermique sur le tuyau ou l'équipement et de le protéger de sorte que l'isolation thermique ne puisse pas être piégée entre le capteur et la surface chauffée. Il convient de veiller à ne pas endommager le tube capillaire, le thermocouple ou les connexions RTD, ou ne pas déformer le capteur et générer de ce fait une erreur d'étalonnage.

Lorsqu'une détection de température directe du fluide est exigée, il convient de placer le capteur dans des puits thermométriques en des emplacements adaptés, par exemple, au-dessus des niveaux de dépôts potentiels dans les cuves.

Un tube capillaire supplémentaire peut être posé sous l'isolation thermique, sauf si la longueur totale dépasse 1 m, auquel cas le volume du capillaire peut être de nature à affecter défavorablement l'étalonnage.

Il convient de s'assurer que le tube capillaire, le thermocouple ou les connexions RTD sortent de l'isolation thermique de manière à ne permettre aucune infiltration d'humidité.

Dans de nombreux cas, l'emplacement du capteur est défini au stade de la conception du système. Des considérations relatives à l'emplacement du capteur sont définies en 7.6. Les sections suivantes décrivent les considérations d'installation pour les méthodes d'installation spécifiques.

8.4.4.2 Installation du capteur du régulateur thermique

Le capteur du régulateur thermique est installé à la surface du tuyau ou de l'équipement, dans un endroit où la température est représentative de l'ensemble du circuit. Comme représenté à la Figure 5, le capteur doit être positionné de manière à ne pas être influencé par la température de la résistance de traçage ou d'autres facteurs tels que les dissipateurs thermiques et l'apport solaire.

8.4.4.3 Installation du capteur du dispositif de limitation de la température

Le capteur du dispositif de limitation de la température est installé à la surface du tuyau ou de l'équipement, dans un endroit où la température est représentative de l'ensemble du circuit. Pour s'assurer que le régulateur thermique de sécurité peut réagir avec exactitude à la température maximale de la gaine de la résistance de traçage, une attention particulière doit être accordée à l'emplacement, à la méthode de fixation et au point de consigne. Cette méthode d'installation du capteur est basée sur la relation connue entre la température de l'équipement et la température de la gaine de la résistance pour une puissance de sortie donnée. Une installation classique de capteurs de limitation de la température est représentée à la Figure 5.

Il est important de régler le régulateur pour que la température de la gaine de la résistance ne dépasse pas la température maximale dans les conditions les plus défavorables (tension +10 %, traceur à la limite supérieure de tolérance de puissance de fabrication, résistance hors contact avec le tuyau/équipement, température ambiante maximale, absence de convection externe, par exemple).

Pour les circuits de résistance de traçage conçus pour être utilisés avec des dispositifs de régulation de tension, il peut être nécessaire d'installer les capteurs à l'aide des méthodes décrites en 8.4.4.4 et 8.4.4.5. Ces méthodes répondent rapidement aux variations rapides de températures de la gaine de la résistance suite à une défaillance du dispositif de régulation de la tension.

8.4.4.4 Dispositif de limitation de la température avec un capteur sur la gaine de la résistance de traçage

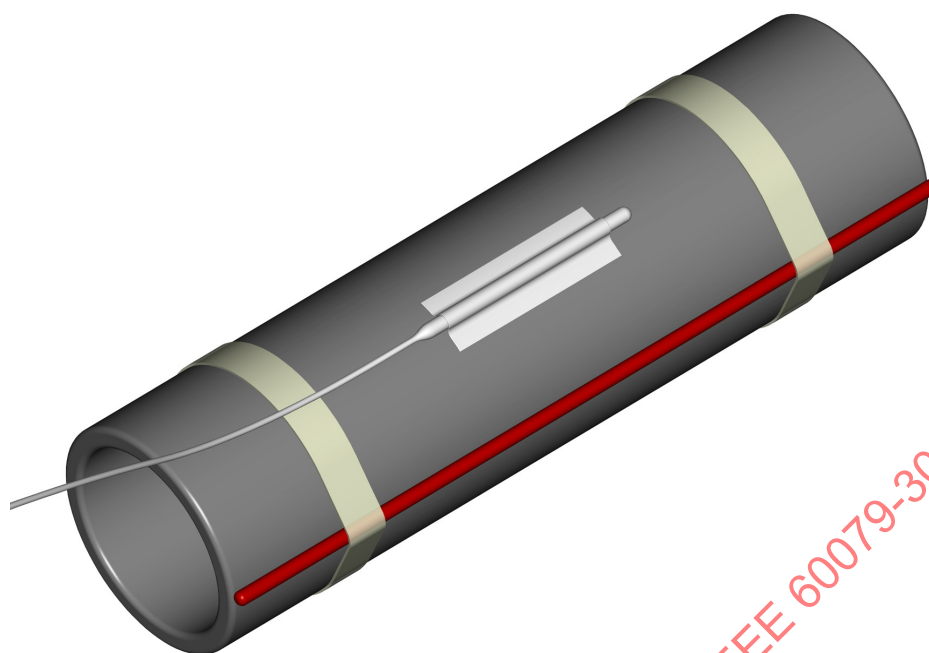
Dans la Figure 6, le capteur de température est monté directement sur la résistance de traçage, laquelle est en contact direct avec la surface chauffée. Pour assurer un couplage thermique exact avec la résistance de traçage, il est nécessaire d'installer le capteur avec un ruban métallique ou un composé de transfert de chaleur.

Il est important de vérifier que l'emplacement est représentatif du point le plus chaud. Les moyens de fixation du capteur à la résistance doivent permettre de s'assurer que le capteur ne peut pas se desserrer avec le temps et la température, et qu'il ne peut pas se desserrer pendant les opérations de maintenance ultérieures.

Cette méthode d'installation du capteur ne mesure pas la partie la plus chaude du traceur (qui se produit probablement à un point de non-contact avec l'équipement). Il convient de l'utiliser uniquement avec un réglage du régulateur qui se trouve en dessous de la température maximale.

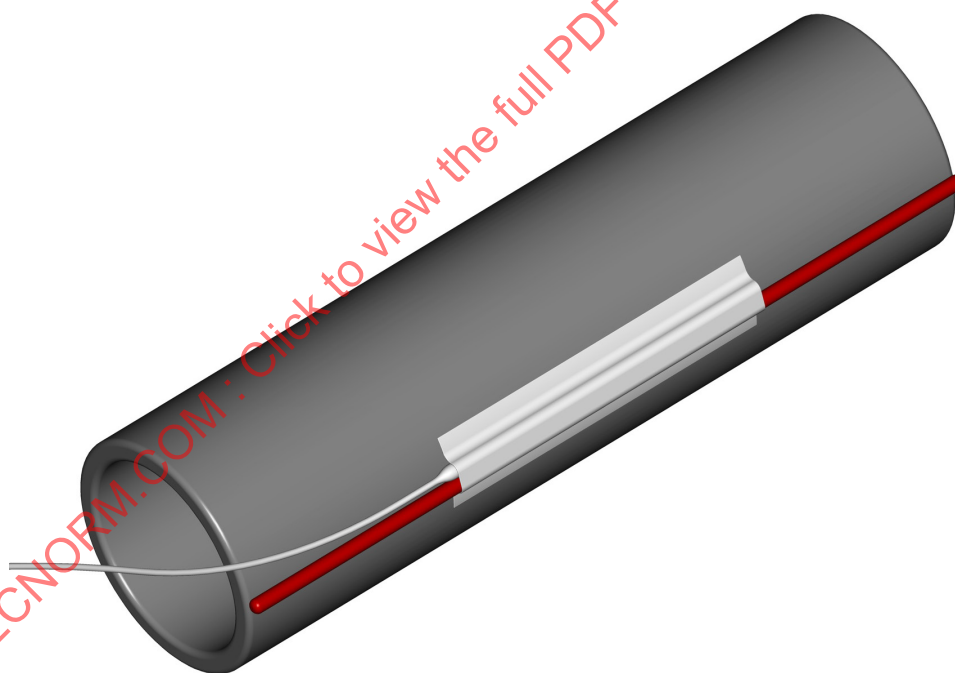
Cette méthode présente l'avantage de réduire le plus possible les excès de températures provoqués exclusivement par le point de mesure. Dans certains cas, cependant, la température mesurée du point chaud peut être plus basse que la température la plus élevée de la gaine de la résistance de traçage aux points présentant un faible couplage thermique entre la résistance de traçage et la surface chauffée. Cela doit être pris en compte dans le réglage de la température du limiteur, tout comme la dissipation de la chaleur du capteur. Ces écarts sont fonction du rapport des masses du capteur et de la résistance de traçage (rapport des diamètres) et de la capacité thermique massique (W/m).

Le contact direct avec la surface chauffée et l'inertie thermique qui en résulte peuvent rendre nécessaire l'utilisation d'un réglage encore plus bas pour prendre en compte les phénomènes transitoires (par exemple ceux provoqués par des éléments de contact des semiconducteurs défaillants). Dans certains cas, il peut être nécessaire de diviser les circuits complexes en circuits dotés de limiteurs de température individuels.



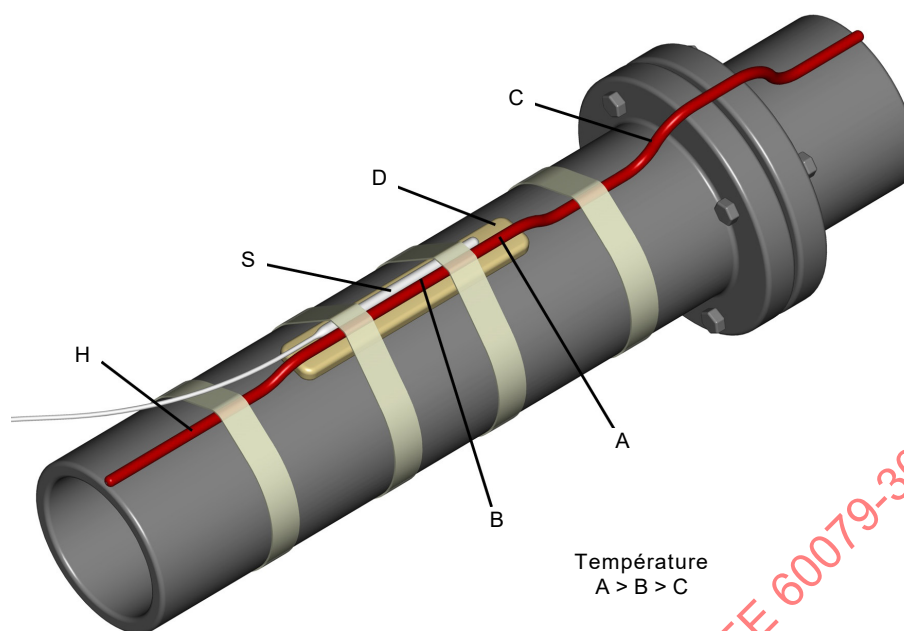
IEC

Figure 5 – Installation classique de capteur de commande et de capteur pour la régulation de limitation de température



IEC

Figure 6 – Capteur du dispositif de limitation sur la gaine de la résistance de traçage



Légende

- H résistance de traçage
- S capteur de température
- A température du point chaud artificiel
- B température au point de mesure
- C point avec un faible couplage thermique (point chaud caractéristique)
- D isolation thermique entre la résistance de traçage et la surface chauffée

Figure 7 – Capteur du dispositif de limitation comme point chaud artificiel

8.4.4.5 Dispositif de limitation de température avec point chaud artificiel

Dans la Figure 7, le capteur est placé pour mesurer un point chaud artificiel destiné à représenter le point le plus chaud du traceur. Il peut s'agir d'une autre méthode adaptée lorsqu'elle est utilisée avec des résistances de traçage en série.

Dans les cas où la méthode présentée en 8.4.4.4 ne peut pas être correctement utilisée pour agir en coordination avec la température de la gaine la plus défavorable du système, la méthode du point chaud artificiel peut apporter une marge de sécurité supplémentaire. Dans ce cas, l'isolation thermique est insérée entre la résistance de traçage et la surface chauffée. Le capteur du limiteur de température est alors installé en contact direct avec la résistance de traçage.

Pour garantir que la température au point chaud artificiel est plus élevée que la température de la résistance de traçage au point de couplage thermique faible (température C), l'isolation thermique est environ deux fois plus longue que le capteur. Compte tenu de la dissipation de chaleur inévitable du capteur lui-même, la température B mesurée est effectivement plus élevée que la température C, mais plus basse que la température réelle du point chaud A. Cet écart, qui est fonction du rapport des masses du capteur et de la résistance de traçage (rapport des diamètres) sur la capacité thermique massique (W/m) est pris en compte dans le réglage de la température du limiteur.

L'avantage de cette méthode est son temps de réaction extrêmement court aux dysfonctionnements (défaillance du régulateur, défaillance du dispositif de régulation de la tension ou surtension, par exemple). Dans certains cas, il peut être nécessaire de diviser les circuits complexes en circuits dotés de limiteurs de température individuels.

8.4.5 Fonctionnement, étalonnage et accès du régulateur

Les réglages des régulateurs thermiques et des limiteurs de température de sécurité doivent être examinés lors de la mise en service. Suivant les possibilités de réglages offertes par les limiteurs de température de sécurité, ces derniers doivent être scellés pour éviter toute fraude.

Le dispositif de contrôle de température et la boucle du capteur doivent être étalonnés pendant la mise en service. Le régulateur doit être réglé à la température exigée et de nouveau étalonné avec les réglages d'usine, si nécessaire. Une vérification fonctionnelle doit être effectuée en réglant la température jusqu'à ce que le régulateur alimente la résistance de traçage.

Toutes les données mesurées doivent être documentées.

8.4.6 Modifications nécessaires

Les systèmes de traçage peuvent être spécifiés pour vérifier la température maximale de la gaine. Si les températures mesurées s'écartent des températures admissibles de la gaine ou des calculs de conception, des mesures correctives doivent être prises et la conception du système doit être de nouveau évaluée.

8.5 Installation du système d'isolation thermique (voir également l'Article 5)

8.5.1 Généralités

La sélection et l'application de l'isolation thermique sont des éléments clés dans l'installation du système de traçage électrique. La fonction de l'isolation thermique consiste à réduire les pertes ou les gains de chaleur lorsque l'équipement fonctionne normalement au-dessus ou au-dessous de la température ambiante. En conséquence, les problèmes liés à l'isolation ont un effet direct sur les performances du système dans son ensemble. La minimisation de la dissipation d'énergie réduit les coûts de fonctionnement, améliore les caractéristiques du système et accroît la capacité thermique du système. L'installation de l'isolation thermique doit satisfaire à tous les normes nationales et règlements locaux applicables.

8.5.2 Travaux préparatoires

Des précautions doivent être prises pour protéger les résistances de traçage contre les détériorations mécaniques et contre la pénétration d'humidité après leur installation et avant l'application de l'isolation thermique. Avant de commencer l'installation de l'isolation thermique, il est recommandé que l'ingénierie du site mette en contact l'installateur des résistances de traçage et le prestataire chargé de l'isolation thermique, de manière à appliquer l'isolation thermique dès que possible après l'installation et les essais des résistances de traçage. Le système de traçage installé doit avoir été soumis à l'essai conformément à 8.3.8.8.

Il convient de confirmer les vérifications et procédures ci-dessous:

- a) vérifier que le type, le diamètre intérieur et l'épaisseur sont conformes aux valeurs utilisées dans la sélection de la ou des résistances de traçage. Si l'épaisseur de l'isolation est différente de la spécification, les températures de calcul spécifiées ne peuvent pas être respectées;
- b) pour l'isolation thermique, il convient de fournir une protection temporaire contre les intempéries au cours du stockage, de la manutention et de l'installation afin d'éviter le risque de piéger l'humidité sous le revêtement ou la gaine de protection contre les intempéries.

8.5.3 Installation des matériaux d'isolation thermique

Il convient d'appliquer l'isolation thermique à toutes les sections du tuyau et de l'équipement, y compris les brides, vannes, supports de tuyau, courbures, raccords en T, etc. Si des joints de dilatation ou des soufflets sont installés dans le système, il convient de prendre des dispositions pour leur isolation thermique de telle manière qu'elle n'affecte pas l'efficacité thermique du système de traçage.

Une isolation thermique de dimensions supérieures peut être exigée afin de s'assurer que la résistance de traçage et l'équipement sont correctement couverts. D'autres considérations comprennent les éléments suivants:

- a) il est essentiel de vérifier que l'épaisseur de l'isolation est égale à l'épaisseur nominale spécifiée en tous points. La résistance de traçage ne doit pas être enfoncée dans l'isolation, car ceci peut provoquer une augmentation de la température de la gaine. Si la taille de l'isolation spécifiée ne s'adapte pas correctement, la taille immédiatement au-dessus peut être utilisée pour s'adapter à la résistance de traçage;
- b) il convient de rendre étanches toutes les pénétrations pour éviter l'infiltration d'humidité. Dans toute la mesure du possible, il convient de préparer les découpes à l'avance et de les positionner dans le segment à 180° inférieur de l'isolation thermique. Il convient d'appliquer l'isolation thermique afin de permettre une entrée totalement hermétique des résistances de traçage et des capteurs thermiques ou des tubes capillaires;
- c) il convient de couper et d'installer fermement l'isolation thermique pour éviter les entrefers. Décaler les joints à segment sur le plan horizontal pour réduire le plus possible la perte de chaleur par convection;
- d) pendant l'application de l'isolation, il doit être veillé à ne pas endommager la résistance de traçage électrique. Les positions des résistances de traçage, des capteurs de température et d'autres dispositifs ne doivent pas être modifiées;
- e) il convient d'envisager l'utilisation d'une feuille métallique pour couvrir la résistance de traçage sur les vannes et d'autres équipements de forme irrégulière, afin d'éviter que l'isolation thermique entoure la résistance de traçage;
- f) il convient de veiller à éviter les matériaux d'isolation thermique à teneur élevée en halogénures sur les résistances de traçage munies d'un revêtement en acier inoxydable exposé.

8.5.4 Gaine

Lorsqu'une gaine métallique est spécifiée, il convient de veiller particulièrement à ce que les bords nus de l'élément en métal ne puissent pas entrer en contact direct avec la résistance de traçage ou ses composants.

Les zones à haut risque sont les suivantes:

- a) les brides: il convient de tailler l'élément en métal et de protéger la surface exposée de l'isolation thermique avec un composé non absorbant adapté;
- b) les vannes: il convient de couper une gaine isolante préformée sur la surlongueur et de poursuivre la découpe jusqu'à la gaine de tuyauterie adjacente;
- c) les courbures de tuyau, coudes ou raccords en T: il convient de veiller à ne pas forcer l'entrée de la section de tuyau rectiligne adjacente de la gaine dans la courbure, au risque d'endommager la résistance de traçage.

Les courbures avec des parties verrouillées et à bords roulés sont préférables. Il convient d'utiliser un dispositif d'étanchéité non durcissant entre les parties à recouvrement des barrières d'étanchéité métalliques des gaines. Lorsque des rivets ou des vis autotaraudeuses sont utilisés, il convient de veiller à ce que le foret ou la vis utilisé(e) ne soit pas suffisamment long(ue) pour pénétrer dans l'épaisseur de l'isolation thermique et endommager le système de traçage sous-jacent.

Des étiquettes d'avertissement doivent être apposées sur la gaine à des intervalles ne dépassant pas 6 m pour informer de la présence d'un système de traçage par résistance électrique au-dessous de l'isolation thermique. Ces étiquettes doivent également être placées sur la gaine, sur chaque vanne ou autre pièce de l'équipement qui peut exiger une maintenance régulière.

8.5.5 Essai de résistance d'isolement du circuit sur site (chantier)

La procédure d'essai de 8.3.4 doit être réalisée sur tous les circuits de résistance de traçage après l'installation, en satisfaisant à l'exigence selon laquelle la résistance d'isolement mesurée ne doit pas être inférieure à 20 MΩ, sauf pour les résistances de traçage à isolation minérale, pour lesquelles elle ne doit pas être inférieure à 5 MΩ.

8.5.6 Examen visuel

L'examen visuel doit garantir que:

- a) l'humidité ne peut pas pénétrer dans l'isolation suite au vieillissement naturel (position correcte des chevauchements ou des sertissages);
- b) les raccordements coulissants (ou éléments analogues) du revêtement sont suffisamment souples pour absorber tous les mouvements de dilatation;
- c) les vis sélectionnées pour fixer le revêtement sont suffisamment courtes pour exclure toute possibilité d'endommagement des résistances de traçage ou des capteurs de température;
- d) les découpes d'entrée du revêtement des résistances de traçage, des capteurs de température, etc., sont dimensionnées de manière à rendre le contact impossible. Particulièrement dans le cas de branchements, la gaine doit être coupée suffisamment large;
- e) les joints de gaine et les entrées d'isolation thermique sont correctement étanches avec un matériau d'étanchéité élastique et non durcissant résistant aux attaques par agents chimiques et à la décomposition, et que leur dimension est stable.

8.5.7 Documentation

Le matériau d'isolation thermique et son épaisseur doivent être documentés.

8.6 Installation du câblage de distribution et coordination des circuits de branchement

8.6.1 Généralités

Le câblage du circuit de branchement de chaque circuit de résistance de traçage exige un dispositif de protection contre les surintensités. Il convient que la dimension et le type de câblage de distribution, ainsi que les valeurs assignées des dispositifs de protection du circuit de branchement, reposent sur les courants de démarrage de la résistance et leur durée à la température minimale à laquelle la résistance de traçage peut être confrontée.

8.6.2 Dispositif de protection contre les défauts à la terre

Un dispositif de protection contre les défauts à la terre doit être fourni conformément à l'IEC/IEEE 60079-30-1.

8.6.3 Dispositif de protection du circuit

Il est nécessaire de vérifier que:

- la taille du dispositif de protection est adaptée au courant assigné (lors d'examens initiaux et détaillés);