

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety –
Electrical equipment condition monitoring methods –
Part 6: Insulation resistance**

**Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande
importants pour la sûreté – Méthodes de surveillance de l'état des matériels
électriques –
Partie 6: Résistance d'isolement**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 62582-6:2019



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

Copyright © 2019 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
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 publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries 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

67 000 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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety –
Electrical equipment condition monitoring methods –
Part 6: Insulation resistance**

**Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande
importants pour la sûreté – Méthodes de surveillance de l'état des matériels
électriques –
Partie 6: Résistance d'isolement**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-7050-9

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 Abbreviated terms and acronyms.....	9
5 General description	10
6 Applicability and reproducibility	12
7 Instrumentation.....	12
7.1 Measurement voltage level	12
7.2 Uncertainty	12
7.3 Calibration	13
8 IR measurement procedure	13
8.1 General.....	13
8.2 Requirements on tracking of changes of IR during the simulated accident conditions	13
8.3 Test specimen	13
8.4 Interference	13
8.5 Conditioning.....	13
8.6 IR measurement during the dynamic phase of the simulated accident conditions	14
8.6.1 Set-up for the measurement.....	14
8.6.2 Connection of IR voltage and start of measurement.....	14
8.6.3 Default voltage	14
8.6.4 Determination of IR value with the specimen not energized during the accident simulation	14
8.6.5 Determination of the IR value with the specimen energized during the accident simulation	15
9 Measurement report	16
Annex A (informative) Example of equivalent diagram for a cable and the measuring device using DC.....	17
Annex B (informative) Measurement of leakage current using AC voltage	18
Annex C (informative) Dependence of IR on temperature only and combined with steam	19
Annex D (informative) Examples of results of measurement of IR on aged cables during simulated accident conditions.....	20
Annex E (informative) Example of a measurement loop and calculation of the time available for stabilization for more than one conductor or group of conductors measured with the same measurement instrument.....	23
E.1 Example of one measurement loop	23
E.2 Total time for each measurement of all combinations during the dynamic phase of the simulated accident conditions	23
Bibliography.....	24
Figure 1 – Time to stabilization of IR measured before LOCA, after 10 min in LOCA and after 60 min in LOCA.....	11

Figure A.1 – Set-up for measurement of IR using a DC voltage source (guard is not needed if the ground plane is close to the insulator)	17
Figure B.1 – Set-up for measurement of IR using an AC voltage source	18
Figure C.1 – Temperature influence on IR of an insulation between 20 °C and 150 °C.....	19
Figure D.1 – Example of result of measurement of IR between conductors and ground/shielding during a LOCA test.....	20
Figure D.2 – Example of measurement of IR between conductor and ground and between conductors	21
Figure D.3 – Example of measurement of IR on a three-conductor cable during LOCA simulation	22
Figure E.1 – Example of one measurement loop	23

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 62582-6:2019

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION AND CONTROL IMPORTANT TO SAFETY – ELECTRICAL EQUIPMENT CONDITION MONITORING METHODS –

Part 6: Insulation resistance

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, 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.

- 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 62582-6 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation, in cooperation with the Nuclear Power Engineering Committee of the Power & Energy Society of the IEEE]¹, under the IEC/IEEE Dual Logo Agreement.

It is published as an IEC/IEEE dual logo standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
45A/1267/FDIS	45A/1277/RVD

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

A list of all parts in the IEC/IEEE 62582 series, published under the general title *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods*, can be found on the IEC website.

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

The IEC Technical Committee and IEEE Technical Committee have 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

¹ A list of IEEE participants can be found at the following URL: <https://iee-SA.imeetcentral.com/p/eAAAAAAQbmGAAAACT2TZA>

INTRODUCTION

a) Technical background, main issues and organisation of the Standard

This IEC/IEEE standard specifically focuses on insulation resistance measurement methods for monitoring of the dielectric condition of instrumentation and control cables during simulation of design basis events.

This IEC/IEEE standard is the sixth part of the IEC/IEEE 62582-series. It contains detailed descriptions of condition monitoring based on insulation resistance measurements.

The IEC/IEEE 62582-series of standards is issued with a joint logo which makes it applicable to management of ageing of electrical equipment qualified to IEEE as well as IEC Standards.

For aged cables and accessories, the dielectric behaviour during simulated accident conditions generally indicates the condition of the cable during the simulated accident condition.

Significant research has been performed on condition monitoring techniques and the use of these techniques in equipment qualification as noted in NUREG/CR-6704, vol.2 (BNL-NUREG-52610) and JNES-SS-0903, 2009.

It is intended that this Standard be used by test laboratories, operators of nuclear power plants, systems evaluators and licensors.

b) Situation of the current Standard in the structure of the IEC SC 45A standard series

IEC/IEEE 62582-6 is the third level IEC SC 45A document tackling the specific issue of application and performance of insulation resistance measurements during simulated accident conditions in nuclear power plants.

IEC/IEEE 62582-6 is to be read in association with IEC/IEEE 62582-1. IEC/IEEE 62582-1 provides requirements for application of methods for condition monitoring of electrical equipment important to safety of nuclear power plants.

For more details on the structure of the IEC SC 45A standard series, see item d) of this introduction.

c) Recommendations and limitations regarding the application of the Standard

It is important to note that this Standard establishes no additional functional requirements for safety systems.

d) Description of the structure of the IEC SC 45A standard series and relationships with other IEC documents and other bodies documents (IAEA, ISO)

The top-level documents of the IEC SC 45A standard series are IEC 61513 and IEC 63046. IEC 61513 provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 63046 provides general requirements for electrical power systems of NPPs; it covers power supply systems including the supply systems of the I&C systems. IEC 61513 and IEC 63046 are to be considered in conjunction and at the same level. IEC 61513 and IEC 63046 structure the IEC SC 45A standard series and shape a complete framework establishing general requirements for instrumentation, control and electrical systems for nuclear power plants.

IEC 61513 and IEC 63046 refer directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation,

defence against common cause failure, control room design, electromagnetic compatibility, cybersecurity, software and hardware aspects for programmable digital systems, coordination of safety and security requirements and management of ageing. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 and IEC 63046 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 or by IEC 63046 are standards related to specific equipment, technical methods, or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC 45 standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the safety and security principles and basic aspects provided in the relevant IAEA safety standards and in the relevant documents of the IAEA nuclear security series (NSS). In particular this includes the IAEA requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants (NPPs), the IAEA safety guide SSG-30 dealing with the safety classification of structures, systems and components in NPPs, the IAEA safety guide SSG-39 dealing with the design of instrumentation and control systems for NPPs, the IAEA safety guide SSG-34 dealing with the design of electrical power systems for NPPs and the implementing guide NSS17 for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework IEC 60880, IEC 62138 and IEC 62566 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 and IEC 63046 refer to ISO as well as to IAEA GS-R part 2 and IAEA GS-G-3.1 and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA). At level 2, regarding nuclear security, IEC 62645 is the entry document for the IEC/SC 45A security standards. It builds upon the valid high level principles and main concepts of the generic security standards, in particular ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002; it adapts them and completes them to fit the nuclear context and coordinates with the IEC 62443 series. At level 2, IEC 60964 is the entry document for the IEC/SC 45A control rooms standards and IEC 62342 is the entry document for the ageing management standards.

NOTE 1 It is assumed that for the design of I&C systems in NPPs that implement conventional safety functions (e.g. to address worker safety, asset protection, chemical hazards, process energy hazards) international or national standards would be applied.

NOTE 2 IEC/SC 45A domain was extended in 2013 to cover electrical systems. In 2014 and 2015 discussions were held in IEC/SC 45A to decide how and where general requirements for the design of electrical systems were to be considered. IEC/SC 45A experts recommended that an independent standard be developed at the same level as IEC 61513 to establish general requirements for electrical systems. Project IEC 63046 is now launched to cover this objective. When IEC 63046 is published, this NOTE 2 of the introduction of IEC/SC 45A standards will be suppressed.

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION AND CONTROL IMPORTANT TO SAFETY – ELECTRICAL EQUIPMENT CONDITION MONITORING METHODS –

Part 6: Insulation resistance

1 Scope

This part of IEC/IEEE 62582 contains methods for condition monitoring of organic and polymeric materials in instrumentation and control cables using insulation resistance measurements in the detail necessary to produce accurate and reproducible results during simulated accident conditions. It includes the requirements for the measurement system and measurement procedure, and the reporting of the measurement results.

NOTE Measurement of insulation resistance during simulated accident conditions with the aim of determining the lowest value during the accident in order to assess cable performance involves special requirements given in this document. Methods for measurement under stable (non-accident) conditions are available in other international standards, e.g. IEC 62631-3-3.

The different parts of the IEC/IEEE 62582 series are measurement standards, primarily for use in the management of ageing in initial qualification and after installation. IEC/IEEE 62582-1 includes requirements for the application of the other parts of the IEC/IEEE 62582 series and some elements which are common to all methods. Information on the role of condition monitoring in qualification of equipment important to safety is found in IEC/IEEE 60780-323.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

JCGM 100:2008, *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement*. First edition 2008. Corrected version 2010

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

For definitions not specifically called out in this standard, the following references could be useful:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>
- IEEE Standards Online Dictionary: available at <http://dictionary.ieee.org>

3.1

capacitive charging current

current that charges the capacitor formed by the tested insulation between the conducting parts connected to the measuring instrument inputs

Note 1 to entry: At the beginning the capacitor is not charged and high current is flowing. The current drops as the capacitor is being charged.

3.2

conductor

material that allows the flow of an electric current

Note 1 to entry: The term conductor used in this document is synonymous with the term wire.

3.3

insulation leakage current

current that flows through insulation

3.4

insulation resistance

resistance between two conducting parts separated by electric insulation

Note 1 to entry: The value of the measured insulation resistance shall be reported as Ωm .

3.5

polarization absorption current

component of a dielectric current that is proportional to the rate of accumulation of electric charges within the dielectric

3.6

surface leakage current

current that flows on the surface of insulation between connection points of applied voltage

Note 1 to entry: The surface leakage current is constant with time.

4 Abbreviated terms and acronyms

AC	Alternating current
DAQ	Data acquisition
DC	Direct current
DMM	Digital multimeter
GUM	Guide to the expression of uncertainty in measurement
JCGM	Joint committee for guides in metrology
IR	Insulation resistance
I_s	Surface leakage current
I_i	Insulation leakage current
I_p	Polarization absorption current
I_c	Capacitive charging current
LOCA	Loss of coolant accident
R_{meas}	Resistance of the resistor intended for measuring the total leakage current
U_{meas}	Voltage across the resistor R_{meas}
U_{source}	Supply voltage

5 General description

Insulation resistance measurement is one commonly applied method for indication of the condition of insulating components, primarily cable insulation, during simulated accident conditions. A minimum value of the insulation resistance of a cable may be prescribed to be exceeded throughout the simulated accident conditions. The minimum insulation resistance value may be prescribed to ensure a margin to dielectric conditions at which the safety function of the circuit will not be affected. This is generally for instrumentation cables. The insulation value prescribed is related to the length of the cable and should be given in Ωm , i.e. in Ω for one m of cable length.

For measurement of IR as a measure of the condition of a cable, DC voltage is recommended. AC voltage is primarily used for measurement of the functionality of the cable in its intended application. An example of a set up for measurement of IR using DC voltage is shown in Annex A. Some guidelines for leakage current measurement using AC voltage are given in Annex B. The set up in Annex B is recommended for functional testing only, and not as a substitute for IR measurement using DC voltage.

The total current measured after a DC voltage is applied is composed of I_s , I_i , I_p , and I_c . The I_s causes an error in insulation resistance measurement if the ground plane is not in contact with the surface of the isolation and can be eliminated by use of a guard terminal. For values of IR which can be expected during simulated accident conditions, the influence of I_p is small. I_c is significant for most common insulation materials during a short time after the application of voltage and the stabilization of the total current value has to be awaited. For all common insulation materials, I_c may be considered as insignificant after less than 3 s when the IR is measured under simulated accident conditions. Figure 1 shows an example of the time to stabilization from measurement of IR before and during LOCA.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 62582-6:2019

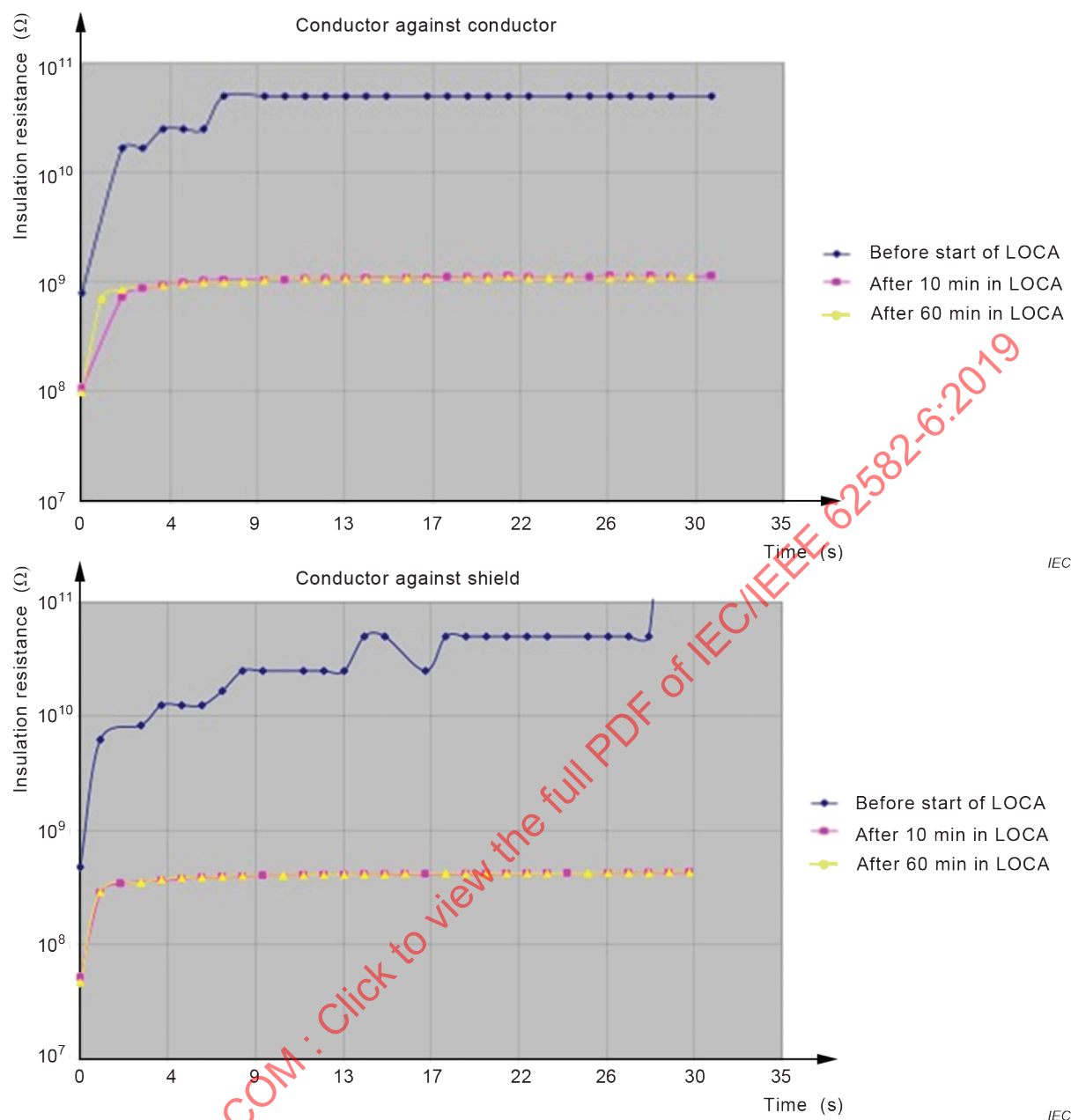


Figure 1 – Time to stabilization of IR measured before LOCA, after 10 min in LOCA and after 60 min in LOCA

The diagrams show that stabilization of the measurements during LOCA is reached well within 3 s also in a case where the IR value is well above 100 M Ω .

6 Applicability and reproducibility

This document is limited to the use of insulation resistance measurement for monitoring the condition of cables during simulated accident conditions. The temperature of the insulator has a very significant influence on the values measured – an approximation that is used sometimes is that of the IR decrease by a factor of two for each increase of temperature of 10 K. In addition, the high humidity and pressure involved in the simulated accident conditions, resulting in moisture condensed on the insulator and penetration of moisture into the insulator, affect the measured values. The dependence of IR on temperature and steam is discussed in Annex C. In the simulation of accident conditions, temperature, moisture condensed and penetration of moisture into the insulator vary with time. The result of an insulation resistance measurement during simulated accident conditions varies significantly depending on the initial condition of the cable and at what time during the simulated accident conditions the measurement is taken. Annex D shows some results of IR measurement on aged cables during a simulated LOCA.

As illustrated by Annex D, Figures D.1 through D.3, limited time is available for each measurement to allow detection of the lowest IR value during a simulated accident condition when a multiconductor cable is measured. Figure D.1 also illustrates the importance of measuring IR on each conductor in order to find the conductor with the lowest value.

The elimination of voltage stress may yield a better condition, or lesser level of degradation than if it is applied during the test. Some cable qualification standards, such as IEEE Std 383, require that the cable is loaded with rated voltage and current during the test. The measurement technique then needs to combine measurement and load. If there is a non-continuous measurement the interval between measurements needs to be defined to find the lowest value with a required uncertainty.

The purpose of the IR measurement according to this document is to detect values in the range up to 100 MΩm, i.e. IR values above which no significant effects during simulated accident conditions will be expected on functionality of typical low voltage cables.

NOTE The acceptable level of IR depends on the application. For most applications, the required insulation is well below 100 MΩm.

Per IEEE Std 383-2015 the qualification type tests for coaxial, triaxial, twinaxial and data/communication cables should include sufficient testing of cables critical electrical performance characteristics to permit an adequate analysis of the compatibility of the cables for the specific application, as appropriate. This may include insulation resistance testing for some applications but the IR may need to be higher than 100 MΩm.

7 Instrumentation

7.1 Measurement voltage level

Measurement equipment shall be capable to supply enough voltage to be able to keep the specified measurement voltage level constant over the whole measurement range, including the lowest acceptable IR value.

7.2 Uncertainty

The measuring device shall be calibrated to an overall uncertainty within $\pm 10\%$.

NOTE This can be achieved in a standard set up with a 10 kΩ shunt resistor when a 6 ½ digit digital multi-meter is used. The uncertainty limit occurs at 100 MΩ and IR in the 10 kΩ range can still be traced.

The uncertainty shall be calculated according to JCGM 100:2008 (GUM methodology).

7.3 Calibration

The IR measurement device shall be calibrated in the range of the quantities measured to ensure accuracy. These quantities can be either voltage and the current or the resistance.

8 IR measurement procedure

8.1 General

The measurement procedure described allows determination of the lowest IR of individual conductors of a multiconductor cable. In the case only one conductor or group of connected conductors per measurement instrument is measured, the measuring period can be equal to the test time in case of measurement on non-energized specimens. If this is not the case and one instrument is used for measurement of more than one conductor or group of conductors, the measurement procedure has to include switching. For the case of measurement on energized specimens, see 8.6.5.

8.2 Requirements on tracking of changes of IR during the simulated accident conditions

To catch the maximum influence on the resistance of the rapidly varying temperature/moisture/pressure at the initial part of the accident condition simulation the switching time, the stabilizing time and the measuring time shall be limited to enable tracking of the changes in insulation resistance. The procedure shall allow consecutive readings of the IR value at least every 7,5 min during the accident condition simulation. The lowest value detected during the accident condition simulation shall be reported. In addition to reporting the lowest IR value, a diagram shall be included, showing the IR time history during the accident condition simulation.

8.3 Test specimen

The test specimen (complete cable or single conductor under test) shall have a minimum length of 3 m. The conductors shall be sealed at the ends. When a complete cable, including jacket, is tested, there shall be no sealing between the conductors and the jacket, unless the test is intended purely for a certain application where it is sealed.

The ground plane shall be in contact with all parts of the surface of the isolator of the test specimen. No guard is then needed. This is achieved by using a metallic braid around the specimen as ground plane. The metallic braid shall be of a construction that does not influence absorption of moisture into the insulation material or penetration of moisture through cracks in the insulation material.

NOTE 1 The position of the ground plane in contact with the isolator results in a conservative (low) value of IR, similar to what can be expected in the field if the cable is installed in a metallic conduit or at the bottom of a solid metallic cable tray. If the cable in the field is installed on a cable ladder the connection to ground is point-wise, resulting in higher values of IR.

NOTE 2 In case of testing of specimen submerged in water, the water may be used as ground plane.

8.4 Interference

Other specimens in the chamber that are AC loaded or energized shall be shut off during the IR measurement in order to avoid cross-talk.

8.5 Conditioning

Before start of the accident simulation, the specimen shall be stabilized to a condition corresponding to normal operation in the field.

8.6 IR measurement during the dynamic phase of the simulated accident conditions

8.6.1 Set-up for the measurement

Annex A illustrates a typical set-up for measurement of IR using DC voltage.

8.6.2 Connection of IR voltage and start of measurement

Connect the specimen to the IR measurement DC voltage source.

NOTE The capacitive charging current has a great influence on the initial IR reading. The total IR will quickly drop several decades compared to the initial value.

8.6.3 Default voltage

The default voltage shall be DC voltage and be 500 V. The reference voltage shall be scanned and logged with the same scanning device used for the IR measurement.

Insulation materials used in nuclear power plants will normally be suitable for use with 500 V DC test voltage without damage. For some data/communication cables where 500 V DC may overstress the cable insulation, a value of 100 V DC may be used for the IR test value. Accuracy will be decreased in this case.

A source of very steady direct voltage is required. This can be provided either by batteries or by rectified and stabilized power supply. The degree of stability required is such that the change in current due to any change in voltage is negligible compared with the current to be measured.

8.6.4 Determination of IR value with the specimen not energized during the accident simulation

8.6.4.1 One conductor or group of connected conductors per measurement instrument

The insulation resistance value is measured continuously during the whole accident simulation. The most conservative way is to measure the IR between each separate conductor and ground.

8.6.4.2 More than one conductor or group of conductors measured with the same measurement instrument

8.6.4.2.1 Sequence

The IR measurement sequence starts with depolarizing/de-energizing the specimen, connection of the IR measurement voltage source followed by stabilization, and sampling of the value indicated by the measurement instrument over a well-defined measurement interval.

8.6.4.2.2 Depolarizing/de-energizing

The specimen shall be de-energized before start of the measurement sequence. If the specimen is energized with AC before the IR measurements, the energizing shall be broken at zero crossing. Short circuit the specimen for 4,5 s to 5 s and leave open for 0,5 s to 1 s.

8.6.4.2.3 First measurement loop

The measurement of IR shall start within t_1 s after connection of the IR measurement voltage source. The average IR value shall be determined from sampling for at least 1 s. The t_1 shall be longer than 3 s.

8.6.4.2.4 Preparation for the next measurement loop

After the measurement, the voltage source shall be disconnected. The next conductor or group of conductors shall be switched in and connected.

8.6.4.2.5 Summary for one loop

The test steps for one loop are summarized as follows:

- Short circuit for 4,5 s to 5 s and leave open for 0,5 s to 1 s
- Disconnect circuit
- Connect the DC voltage source
- Stabilize for t_1 s
- Measure during ≥ 1 s
- Disconnect
- Switch and connect

One loop is completed.

An example of a measurement loop and calculation of the time available for stabilization is given in Annex E.

8.6.4.2.6 IR measurement during the stable phases of the simulated accident conditions

At the stable phases of the simulated accident conditions test, i.e. at post LOCA, a sleeping time can be added between the sequence bursts. Time for completing one measurement shall always be the same.

8.6.5 Determination of the IR value with the specimen energized during the accident simulation

The description in 8.6.4 assumes that the specimen is not energized during the simulated accident condition. If the specimen is at rated voltage, or rated voltage and rated current, (AC or DC depending on its application) during the simulated accident condition, it is still recommended to perform the measurement of IR as DC measurement. In this case a break in the energizing of the specimen is made at least once per 7,5 min and the procedure in 8.6.4 is performed. The breaks shall be made as short as possible in order to allow maximum time with the specimen energized but still fulfill a t_1 of at least 3 s.

It is recommended to use automatic switching in order to minimize the length of the breaks.

At the stable phases of the simulated accident conditions test, i.e. at post LOCA, the time between IR measurements can be extended above 7,5 min.

In the case of measurement of IR of an energized single conductor or of a single conductor cable the switching is not relevant but the breaks for the DC measurements shall still be made at least once per 7,5 min. This is also the case for a multiconductor cable if all conductors are connected and measured against the ground plane for information on the general behaviour of the cable.

During the periods where the specimen is energized the leakage current shall be continuously measured in order to detect short term changes between the IR measurement periods. It shall be reported as a diagram showing the time history.

The periodic interruptions in the energisation may have to be considered and compensated for in order to comply with the requirements in IEEE Std 383. The condition of the specimen may be limited to voltage levels lower than the cable's design and intended application. Duplicate LOCA tests may have to be performed where cables are energized with rated voltage and/or current to meet the requirements of IEEE Std 383.

9 Measurement report

The measurement report shall as a minimum include the following information:

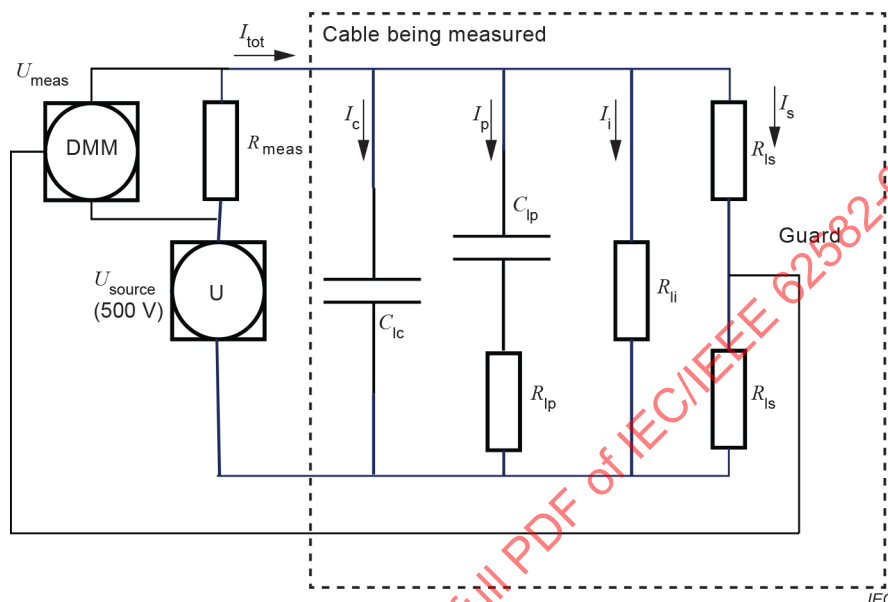
- a) Number, identification and description of the specimen, including material composition;
- b) Pre-history (un-aged, artificially aged, naturally aged and combinations of them);
- c) Simulated accident conditions profile showing the actual conditions during which the measurements were made;
- d) Conditioning;
- e) Measurement instrumentation, most recent calibration date and reference to the calibration certificate;
- f) Connection of the specimen for measurements, ground plane used;
- g) Combination of conductor pairs measured;
- h) Sampling and averaging;
- i) Sample preparation (preparation of ends, penetration through the test chamber, length of the specimen inside the chamber);
- j) Minimum IR value during simulated accident condition for each combination of conductor pairs. The values shall be presented as Ωm , given as the length in m of the specimen inside the test chamber times the IR value measured in Ω . A diagram shall be included, showing the IR value as function of time, together with the time-history curve of the simulated accident condition;
- k) Default voltage used for the IR measurement and the resulting voltage as function of time;
- l) In the case of measurement on energized specimens: A diagram showing the time history of the leakage current between the IR measurement periods;
- m) Records of environmental conditions (including temperature and relative humidity) in test-loop room and the room where the measuring equipment is located.

Any other information of importance in interpretation of the measurement results in relation to the purposes of the measurements.

Annex A (informative)

Example of equivalent diagram for a cable and the measuring device using DC

A typical test set-up for measuring IR with DC voltage source is shown in Figure A.1.



**Figure A.1 – Set-up for measurement of IR using a DC voltage source
(guard is not needed if the ground plane is close to the insulator)**

The IR measurement span is limited by the R_{meas} and the resolution of the digital multimeter (DMM). When a cable is tested it is unlikely that the IR of the specimen exceeds 100 M Ω . When a 10 k Ω R_{meas} is used the U_{meas} will be 50 mV. This can be measured with a 5½ digit digital multimeter at the 1 kV measuring range. The resolution at that range will be 10 mV and the 1 year drift can be 5 mV. Total uncertainty at 100 M Ω is +100 %/-50 % and at 10 M Ω it is ± 10 %. If a 6½ digit multimeter is used the accuracy at 100 M Ω will be improved – the resolution is 1 mV at the 1 000 V range. Total uncertainty at 100 M Ω is then ± 13 %.

This uncertainty calculation only takes care of the digital multimeter. Additional uncertainty caused by shunt resistor temperature dependence, etc., shall be included.

The input impedance of the DMM shall be high as well as the insulation resistance of the DMM input.

Annex B (informative)

Measurement of leakage current using AC voltage

Figure B.1 shows a typical set-up for measurement of leakage current using an AC voltage source. Leakage current measurement with AC is done by energizing the cable and in general also loading the conductors with a current representing the highest load for the cable design. The test voltage is measured by an isolation amplifier and the leakage current is measured by the voltage drop over a shunt resistor. The load current is generated in a separate loop and the current is measured by the voltage drop over a different shunt and an isolation amplifier or a precision clamp-on ammeter. The connection diagram can be used when measurement is performed on a single conductor or when looping several conductors in a multi-core cable.

When more than one loop shall be loaded and energized the set-up shall be duplicated.

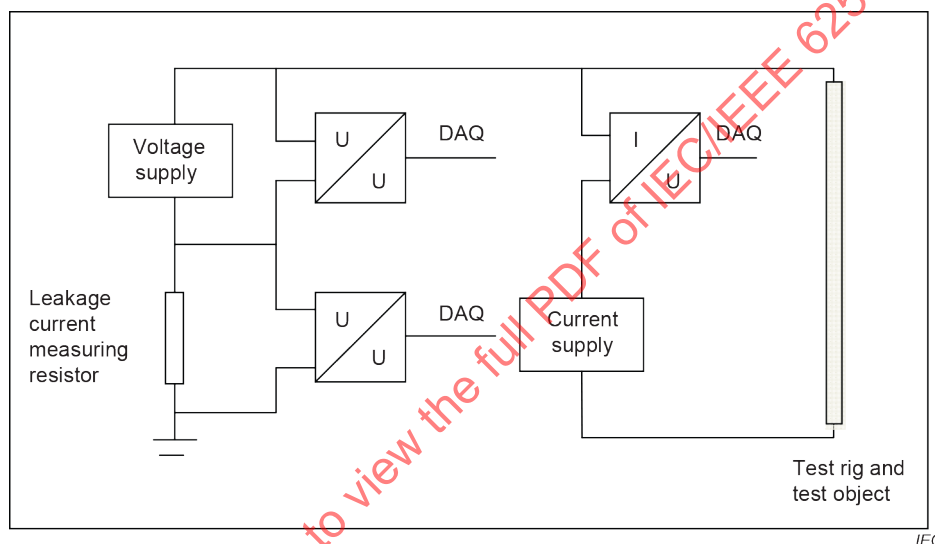


Figure B.1 – Set-up for measurement of IR using an AC voltage source

Annex C (informative)

Dependence of IR on temperature only and combined with steam

The electric conductivity of insulating polymers is temperature dependent and the temperature has a major influence on the IR. See Figure C.1.

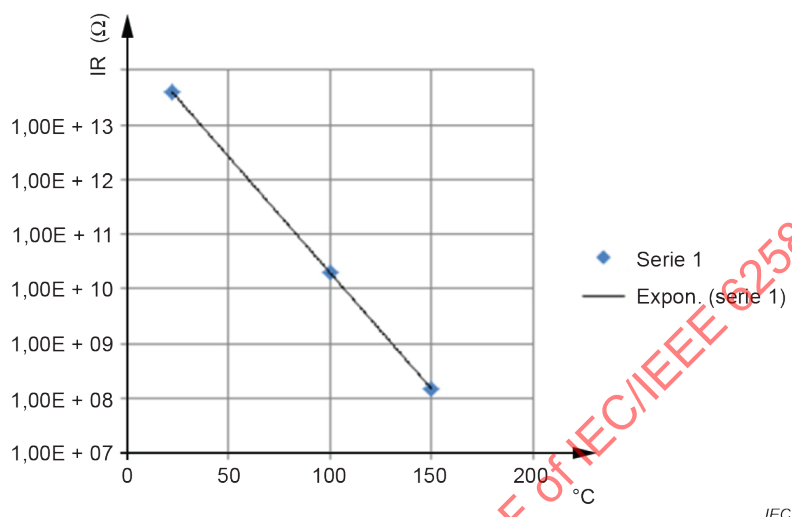


Figure C.1 – Temperature influence on IR of an insulation between 20 °C and 150 °C

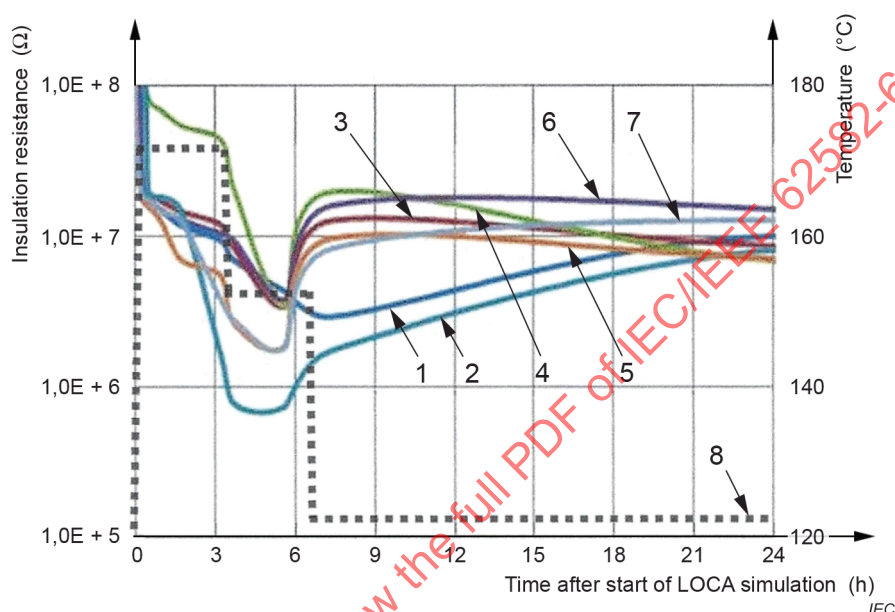
The conductivity of water in gas phase (steam) has electrical properties similar to air (10^{-15} mS/cm). This means that the steam is an insulator and the conductance is done at the surface of the cable when the steam is condensing at the surface.

Some polymers are rather hygroscopic and will be affected by increasing water content over time. Temperature and radiation ageing of polymers, possibly including subjection to mechanical influences (vibration, shock) can result in small cracks in the insulator, allowing moisture to penetrate the insulator during a simulated accident conditions, resulting in reduced IR.

Annex D (informative)

Examples of results of measurement of IR on aged cables during simulated accident conditions

Figure D.1 shows an example of results of measurement of IR during LOCA test on multi-conductor cables with EPDM insulation. Each conductor was measured separately against ground. The cables had been installed in positions with different environmental conditions in a nuclear power plant for 25 years before being subjected to artificial ageing for life extension.



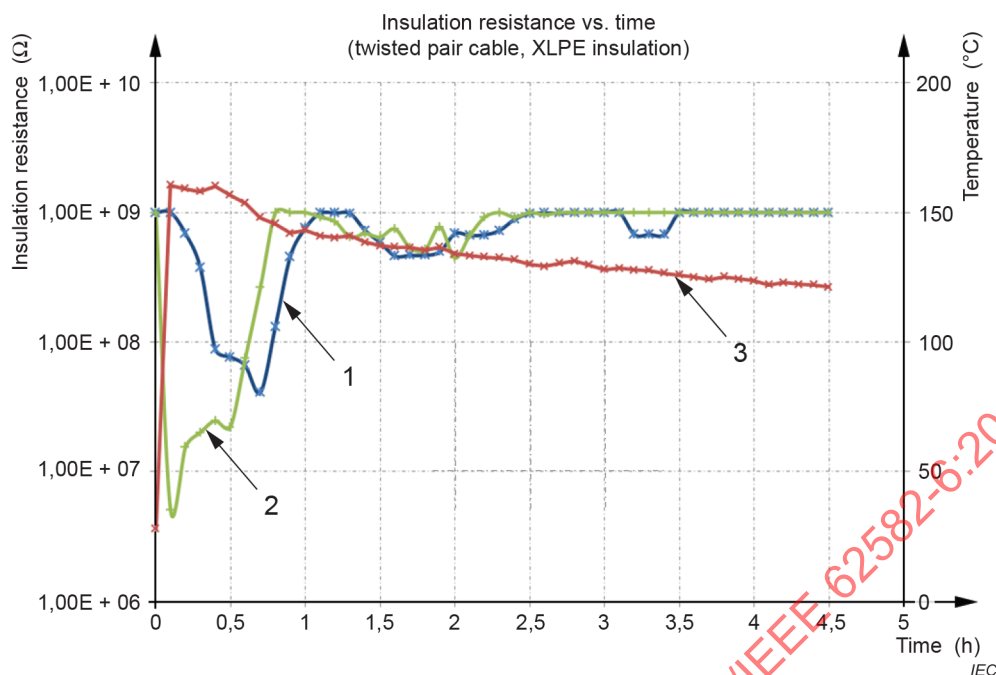
Key

- 1 and 2 Cables thermally and radiation aged for 6 years additional life
 - 3, 4 and 5 Cables thermally and radiation aged for 12 years additional life
 - 6 and 7 Cables thermally aged for 24 years additional life
 - 8 Temperature
- Cable length approximately 10 m

Figure D.1 – Example of result of measurement of IR between conductors and ground/shielding during a LOCA test

The measurement of IR has been performed on each conductor in accordance with the description of loops and switching in the standard. The cable has not been energized during the LOCA simulation. Steam was injected directly at the start of the LOCA.

Figure D.2 shows an example of measurement of IR during a LOCA test on a conductor measured against ground and between conductors.

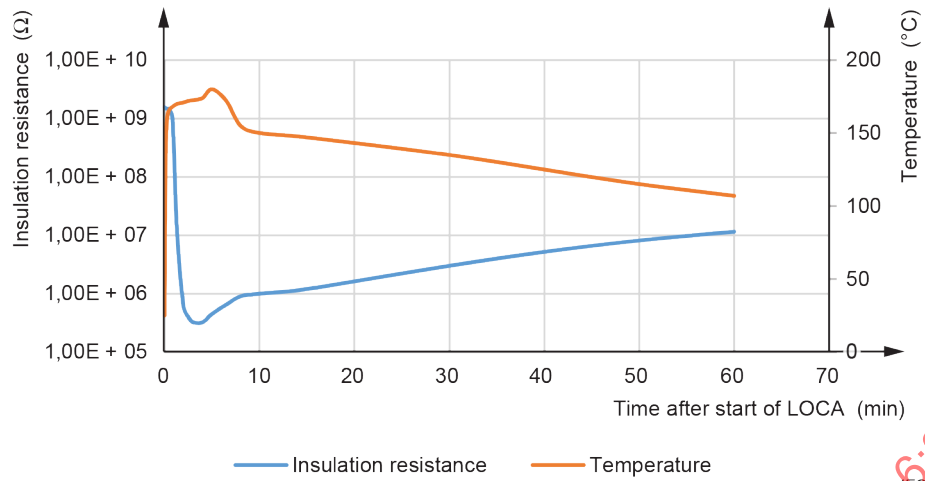
**Key**

- 1 IR Wire – Wire
- 2 IR Wire – Screen
- 3 Temperature

Figure D.2 – Example of measurement of IR between conductor and ground and between conductors

The test has been carried out under saturated steam conditions. The actual temperature slope at the beginning is steeper (140 K / 15 s) than in the curve shown in the diagram, because the diagram presents only the points in time when measurements have been taken. Measurement values were acquired using a sampling frequency of around 9 measurements per hour. The duration of the peak is approximately 40 min. The upper value of the resistance has been limited to $10^9 \Omega$. The single layer of insulation between the wire and shield results in reduced insulation resistance when compared to the double layers of insulation between the wire and the wire.

Figure D.3 shows an example of measurement of IR of an EPDM/CSPE insulated cable with 3 conductors, where all conductors have been joined together and measured against ground.



All conductors joined together and measured against shielding and vessel.
Cable length 10 m (total conductor length 30 m).

Figure D.3 – Example of measurement of IR on a three-conductor cable during LOCA simulation

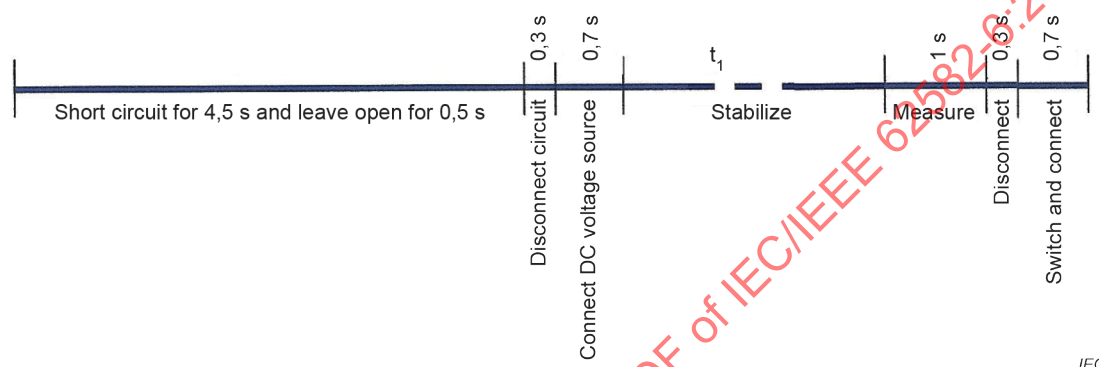
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 62582-6:2019

Annex E (informative)

Example of a measurement loop and calculation of the time available for stabilization for more than one conductor or group of conductors measured with the same measurement instrument

E.1 Example of one measurement loop

An example of one measurement loop during measurement of more than one conductor measured with the same instrument is shown in Figure E.1.



IEC

Figure E.1 – Example of one measurement loop

E.2 Total time for each measurement of all combinations during the dynamic phase of the simulated accident conditions

Using the loop in the example in Figure E.1, measuring k samples of a n core cable with shielding will take $\Delta t = k \times n \times (t_1 + 8)$ s, assuming that each conductor is measured to ground. With the requirement that one data-point shall be logged at least every 7,5 min, the requirement on t_1 is then

$$t_1 \leq \frac{7,5 \cdot 60 - k \cdot n \cdot 8}{k \cdot n} \text{ s} \quad (\text{E.1})$$

EXAMPLE: To allow one data-point to be logged at least every 7,5 min when one voltage source is used and 3 samples of a 5 core cable are tested, t_1 shall be ≤ 22 s.

Bibliography

IEC 62631-3-3, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-3: Determination of resistive properties (DC methods) – Insulation resistance*

IEC/IEEE 60780-323, *Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification*

IEC/IEEE 62582-1, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods – Part 1: General*

IEEE Std 383-2015, *IEEE Standard for Qualifying Electric Cables and Splices for Nuclear Facilities*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 62582-6:2019

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 62582-6:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application	32
2 Références normatives	32
3 Termes et définitions	32
4 Termes abrégés et acronymes.....	33
5 Description générale.....	34
6 Applicabilité et reproductibilité	36
7 Instrumentation.....	36
7.1 Niveau de la tension de mesure	36
7.2 Incertitude.....	36
7.3 Etalonnage	37
8 Procédure de mesure de la RI	37
8.1 Généralités	37
8.2 Exigences pour le suivi des variations de la RI en conditions accidentelles simulées	37
8.3 Spécimen d'essai.....	37
8.4 Brouillage	37
8.5 Conditionnement.....	38
8.6 Mesure de la RI pendant la phase dynamique des conditions accidentelles simulées	38
8.6.1 Montage de mesure	38
8.6.2 Connexion de la tension de RI et début de la mesure	38
8.6.3 Tension par défaut.....	38
8.6.4 Détermination de la valeur de RI avec le spécimen non alimenté en conditions accidentelles simulées	38
8.6.5 Détermination de la valeur de RI avec le spécimen alimenté en conditions accidentelles simulées	39
9 Rapport de mesure	40
Annexe A (informative) Exemple de diagramme équivalent pour un câble et l'appareil de mesure en courant continu	41
Annexe B (informative) Mesure du courant de fuite en utilisant la tension alternative.....	42
Annexe C (informative) Dépendance de la RI à la température uniquement et à la combinaison température/vapeur	43
Annexe D (informative) Exemples de résultats de mesure de la RI sur de vieux câbles en conditions accidentelles simulées	44
Annexe E (informative) Exemple de boucle de mesure et de calcul du temps imparti pour la stabilisation pour plusieurs conducteurs ou groupes de conducteurs mesurés avec le même instrument de mesure	47
E.1 Exemple de boucle de mesure	47
E.2 Durée totale pour chaque mesure de l'ensemble des combinaisons pendant la phase dynamique des conditions accidentelles simulées.....	47
Bibliographie.....	48
Figure 1 – Durée de stabilisation de la RI mesurée avant une PALR, après 10 min de PALR et après 60 min de PALR	35

Figure A.1 – Montage pour la mesure de la RI en utilisant une source de tension continue (aucune protection n'est nécessaire si le plan de masse est proche de l'isolant)	41
Figure B.1 – Montage pour la mesure de la RI en utilisant une source de tension alternative.....	42
Figure C.1 – Influence de la température sur la RI d'un isolant entre 20 °C et 150 °C	43
Figure D.1 – Exemple de résultat de mesure de la RI entre les conducteurs et la masse/le blindage lors d'un essai de PALR.....	44
Figure D.2 – Exemple de mesure de la RI entre un conducteur et la masse et entre les conducteurs	45
Figure D.3 – Exemple de mesure de la RI sur un câble à trois conducteurs lors d'une simulation de PALR	46
Figure E.1 – Exemple de boucle de mesure	47

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/IEEE 62582-6:2019

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION ET CONTRÔLE-COMMANDE IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – MÉTHODES DE SURVEILLANCE DE L'ÉTAT DES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES –

Partie 6: Résistance d'isolement

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, 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.

- 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 62582-6 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire, en coopération avec le "Nuclear Power Engineering Committee" de la "Power & Energy Society" de l'IEEE¹, selon l'accord double logo IEC/IEEE.

Elle est une norme double logo IEC/IEEE.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/1267/FDIS	45A/1277/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC/IEEE 62582, publiées sous le titre général *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Méthodes de surveillance de l'état des matériels électriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité d'études de l'IEC et le comité d'études de l'IEEE ont 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.

¹ Une liste des participants IEEE est disponible à l'adresse suivante: <https://ieeesa.imeetcentral.com/p/eAAAAAAQbmGAAAACT2TZA>

INTRODUCTION

a) Contexte technique, questions importantes et structure de la norme

La présente norme IEC/IEEE s'intéresse plus particulièrement aux méthodes de mesure de la résistance d'isolement, utilisées dans le cadre de la surveillance de l'état diélectrique des câbles d'instrumentation et de contrôle-commande durant la simulation d'événements de dimensionnement.

La présente norme IEC/IEEE est la sixième partie de la série IEC/IEEE 62582. Elle contient des descriptions complètes pour la surveillance d'état, basées sur les mesures de la résistance d'isolement.

La série de normes IEC/IEEE 62582 est publiée en double logo, ce qui la rend applicable pour la gestion du vieillissement des matériels électriques qualifiés tant dans le cadre des normes IEEE que dans celui des normes IEC.

Le comportement diélectrique des vieux câbles et accessoires en conditions accidentelles simulées indique généralement l'état du câble en conditions accidentelles simulées.

Des recherches importantes ont été réalisées sur les techniques de surveillance de l'état des matériels et l'utilisation de ces techniques dans le cadre de la qualification des matériels, comme indiqué dans les documents NUREG/CR-6704, vol.2 (BNL-NUREG-52610) et JNES-SS-0903, 2009.

La présente norme est destinée à être utilisée par les laboratoires d'essai, les exploitants de centrales nucléaires, les évaluateurs de système et les régulateurs.

b) Position de la présente norme dans la série de normes du SC 45A de l'IEC

L'IEC/IEEE 62582-6 est le document du SC 45A de l'IEC de troisième niveau qui traite de la question particulière de l'application et des performances des mesures de la résistance d'isolement en conditions accidentelles simulées dans les centrales nucléaires de puissance.

L'IEC/IEEE 62582-6 doit être lue conjointement avec l'IEC/IEEE 62582-1. L'IEC/IEEE 62582-1 fournit les exigences pour l'application des méthodes de surveillance de l'état des matériels électriques importants pour la sûreté utilisés dans les centrales nucléaires de puissance.

Pour plus d'informations sur la série de normes du SC 45A de l'IEC, se référer au point d) de cette introduction.

c) Recommandations et limites relatives à l'application de la présente norme

Il est important de noter que la présente norme n'établit pas d'exigence fonctionnelle supplémentaire pour les systèmes de sûreté.

d) Description de la structure de la série de normes du SC 45A de l'IEC et relations avec d'autres documents de l'IEC et d'autres organisations (AIEA, ISO)

Les documents de niveau supérieur de la série de normes produites par le SC 45A de l'IEC sont les normes IEC 61513 et IEC 63046. L'IEC 61513 traite des exigences générales relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires. L'IEC 63046 fournit les exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires, y compris les alimentations des systèmes d'I&C. L'IEC 61513 et l'IEC 63046 doivent être utilisées conjointement et au même niveau. L'IEC 61513 et l'IEC 63046 composent la série de normes produites par le SC 45A de l'IEC et constituent un cadre complet qui établit les exigences générales pour les systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et électriques des centrales nucléaires de puissance.

L'IEC 61513 et l'IEC 63046 font directement référence aux autres normes du SC 45A de l'IEC traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation, la défense contre les défaillances de cause commune, la conception des salles de commande, la compatibilité électromagnétique, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes numériques programmables, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité, ainsi que la gestion du vieillissement. Il convient de considérer que les normes référencées directement au second niveau forment, avec les normes IEC 61513 et IEC 63046, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont pas référencées directement par l'IEC 61513 ou l'IEC 63046, se rapportent à des matériels, des méthodes ou des activités spécifiques. Généralement, ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les activités génériques, peuvent être utilisés de façon isolée.

Le quatrième niveau est une extension de la série de normes du SC 45 de l'IEC; il correspond aux rapports techniques, qui ne sont pas des documents normatifs.

Les normes produites par le SC 45A de l'IEC mettent en œuvre et décrivent de manière cohérente les principes de sûreté et de sécurité fondamentaux énoncés dans les normes de sûreté applicables de l'AIEA et dans les documents pertinents de la Collection Sécurité nucléaire (CSN) de l'AIEA. Cela inclut en particulier le document d'exigences SSR-2/1 de l'AIEA qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires de puissance, le Guide de sûreté SSG-30 de l'AIEA qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des centrales nucléaires de puissance, le Guide de sûreté SSG-39 de l'AIEA qui aborde la conception des systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande des centrales nucléaires de puissance, le Guide de sûreté SSG-34 de l'AIEA qui concerne la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires de puissance et le Guide d'implémentation NSS17 qui porte sur la sécurité informatique des installations nucléaires. La terminologie et les définitions de sûreté et de sécurité utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

L'IEC 61513 et l'IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de la publication fondamentale de sûreté IEC 61508, avec un cycle de vie global et un cycle de vie des systèmes. Au niveau sûreté nucléaire, l'IEC 61513 et l'IEC 63046 sont l'interprétation des exigences générales de l'IEC 61508-1, de l'IEC 61508-2 et de l'IEC 61508-4 pour le secteur nucléaire. Dans ce domaine, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566 correspondent à l'IEC 61508-3 pour le secteur nucléaire. L'IEC 61513 et l'IEC 63046 font référence aux normes ISO ainsi qu'aux documents GS-R partie 2, GS-G-3.1 et GS-G-3.5 de l'AIEA pour ce qui concerne l'assurance qualité (QA). Au deuxième niveau de la sûreté nucléaire, l'IEC 62645 est le document d'entrée pour les normes de sécurité produites par le SC 45A de l'IEC. Cette norme s'appuie sur les principes fondamentaux et les principaux concepts valides des normes génériques de sécurité, en particulier les normes ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002; elle les adapte et les complète pour s'adapter au contexte du nucléaire et se coordonne à la série IEC 62443. Au deuxième niveau, l'IEC 60964 est le document d'entrée pour les normes sur les salles de commande produites par le SC 45A de l'IEC et l'IEC 62342 est le document d'entrée pour les normes sur la gestion du vieillissement.

NOTE 1 Il est fait l'hypothèse que des normes nationales ou internationales sont appliquées pour la conception des systèmes d'I&C qui mettent en œuvre des fonctions de sûreté conventionnelles (pour garantir la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les dangers chimiques, la prévention contre les dangers liés à l'énergie des procédés, par exemple).

NOTE 2 En 2013, le domaine du SC 45A de l'IEC a été étendu aux systèmes électriques. En 2014 et en 2015, des discussions ont été menées avec le SC 45A de l'IEC afin de décider de la méthode et du domaine d'application des exigences générales pour la conception des systèmes électriques. Les experts du SC 45A de l'IEC ont recommandé l'élaboration d'une norme indépendante au même niveau que l'IEC 61513 afin d'établir les exigences générales des systèmes électriques. Le projet IEC 63046 a depuis été lancé pour répondre à cet objectif. La NOTE 2 figurant en introduction des normes produites par le SC 45A de l'IEC sera supprimée dès la parution de l'IEC 63046.

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION ET CONTRÔLE-COMMANDE IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – MÉTHODES DE SURVEILLANCE DE L'ÉTAT DES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES –

Partie 6: Résistance d'isolement

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC/IEEE 62582 contient les méthodes de surveillance de l'état des matériaux organiques et polymères utilisés dans les câbles d'instrumentation et de contrôle-commande, sur la base de mesures de la résistance d'isolement et de façon suffisamment détaillée pour obtenir des résultats précis et reproductibles en conditions accidentelles simulées. Elle comprend les exigences pour le système de mesure et la procédure de mesure, ainsi que les rapports des résultats de mesure.

NOTE La mesure de la résistance d'isolement en conditions accidentelles simulées dans le but de déterminer la valeur la plus faible durant l'accident pour évaluer les performances des câbles, implique le respect des exigences particulières définies dans le présent document. Les méthodes de mesure en conditions normales (non accidentelles) sont disponibles dans d'autres Normes internationales, par exemple dans l'IEC 62631-3-3.

Les différentes parties de la série IEC/IEEE 62582 sont des normes de mesure, principalement destinées à être utilisées pour la gestion du vieillissement dans le cadre de la qualification initiale et après installation. L'IEC/IEEE 62582-1 fournit les exigences applicables à toutes les autres parties de la série IEC/IEEE 62582 et certains éléments communs à l'ensemble des méthodes. L'IEC/IEEE 60780-323 fournit des informations concernant le rôle de la surveillance de l'état dans la qualification des matériels importants pour la sûreté.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

JCGM 100:2008, *Evaluation des données de mesure – Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*. Première édition 2008. Version corrigée 2010

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Pour les définitions non spécifiquement mentionnées dans cette norme, les références suivantes pourraient être utiles :

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>
- IEEE Standards Online Dictionary: disponible à l'adresse <http://dictionary.ieee.org>

3.1

courant de charge capacitif

courant qui charge le condensateur composé de l'isolant soumis à essai, placé entre les parties conductrices reliées aux bornes d'entrée de l'appareil de mesure

Note 1 à l'article: Au début, le condensateur n'est pas chargé et est parcouru par un courant élevé. Le courant chute à mesure que le condensateur se charge.

3.2

conducteur

matériau conduisant le courant électrique

Note 1 à l'article: Le terme "conducteur" utilisé dans le présent document est synonyme du terme "fil".

3.3

courant de fuite d'isolement

courant qui traverse l'isolation

3.4

résistance d'isolement

résistance entre deux pièces conductrices séparées par l'isolation électrique

Note 1 à l'article: La valeur de la résistance d'isolement mesurée doit être exprimée en Ωm .

3.5

courant d'absorption de polarisation

composante d'un courant diélectrique qui est proportionnelle au taux d'accumulation des charges électriques dans le diélectrique

3.6

courant de fuite de surface

courant qui circule à la surface de l'isolant entre les points de connexion à la tension appliquée

Note 1 à l'article: Le courant de fuite de surface est constant dans le temps.

4 Termes abrégés et acronymes

CA	Courant alternatif
DAQ (Data Acquisition)	Acquisition de données
CC	Courant continu
MN	Multimètre numérique
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure
JCGM (Joint Committee for Guides In Metrology)	Comité commun pour les guides en métrologie
RI	Résistance d'isolement
I_s	Courant de fuite de surface
I_i	Courant de fuite d'isolement
I_p	Courant d'absorption de polarisation
I_c	Courant de charge capacitif
PALR	Perte accidentelle de liquide de refroidissement
R_{meas}	Résistance destinée à mesurer le courant de fuite total
U_{meas}	Tension dans la résistance R_{meas}
U_{source}	Tension d'alimentation

5 Description générale

La mesure de la résistance d'isolement est une méthode couramment utilisée pour indiquer l'état des composants isolants, principalement les isolants de câbles, en conditions accidentelles simulées. La résistance d'isolement d'un câble peut se voir prescrire une valeur minimale qui peut être dépassée en conditions accidentelles simulées. La valeur minimale de résistance d'isolement peut être prescrite afin de garantir une marge pour l'état diélectrique auquel la fonction de sûreté du circuit ne sera pas impactée. Elle s'applique généralement aux câbles d'instrumentation. La valeur d'isolement prescrite est fonction de la longueur du câble; il convient d'exprimer cette valeur en Ωm , soit le nombre de Ω par mètre de longueur de câble.

Pour mesurer la RI afin d'évaluer l'état d'un câble, la tension continue est recommandée. La tension alternative est essentiellement utilisée pour mesurer la fonctionnalité du câble dans son application prévue. L'Annexe A fournit un exemple de montage pour la mesure de la RI en utilisant la tension continue. L'Annexe B donne des lignes directrices pour la mesure du courant de fuite en utilisant la tension alternative. Le montage décrit à l'Annexe B est recommandé pour les essais fonctionnels uniquement; il ne doit pas se substituer à la mesure de la RI en utilisant la tension continue.

Le courant total mesuré après l'application d'une tension continue est composé de I_s , I_i , I_p et I_c . Le courant de fuite, I_s , génère une erreur lors de la mesure de la résistance d'isolement si le plan de masse n'est pas en contact avec la surface de l'isolant et peut être éliminé en utilisant une borne de protection. Le courant I_p a une influence minime sur les valeurs de RI pouvant être attendues en conditions accidentelles simulées. I_c est significatif pour les matériaux isolants les plus courants pendant un court laps de temps après application de la tension, et une stabilisation de la valeur du courant total doit être attendue. Pour tous les matériaux isolants courants, I_c peut être considéré comme non significatif après moins de 3 s lorsque la RI est mesurée en conditions accidentelles simulées. La Figure 1 présente un exemple de durée de stabilisation à partir de la mesure de la RI, avant et pendant une PALR.

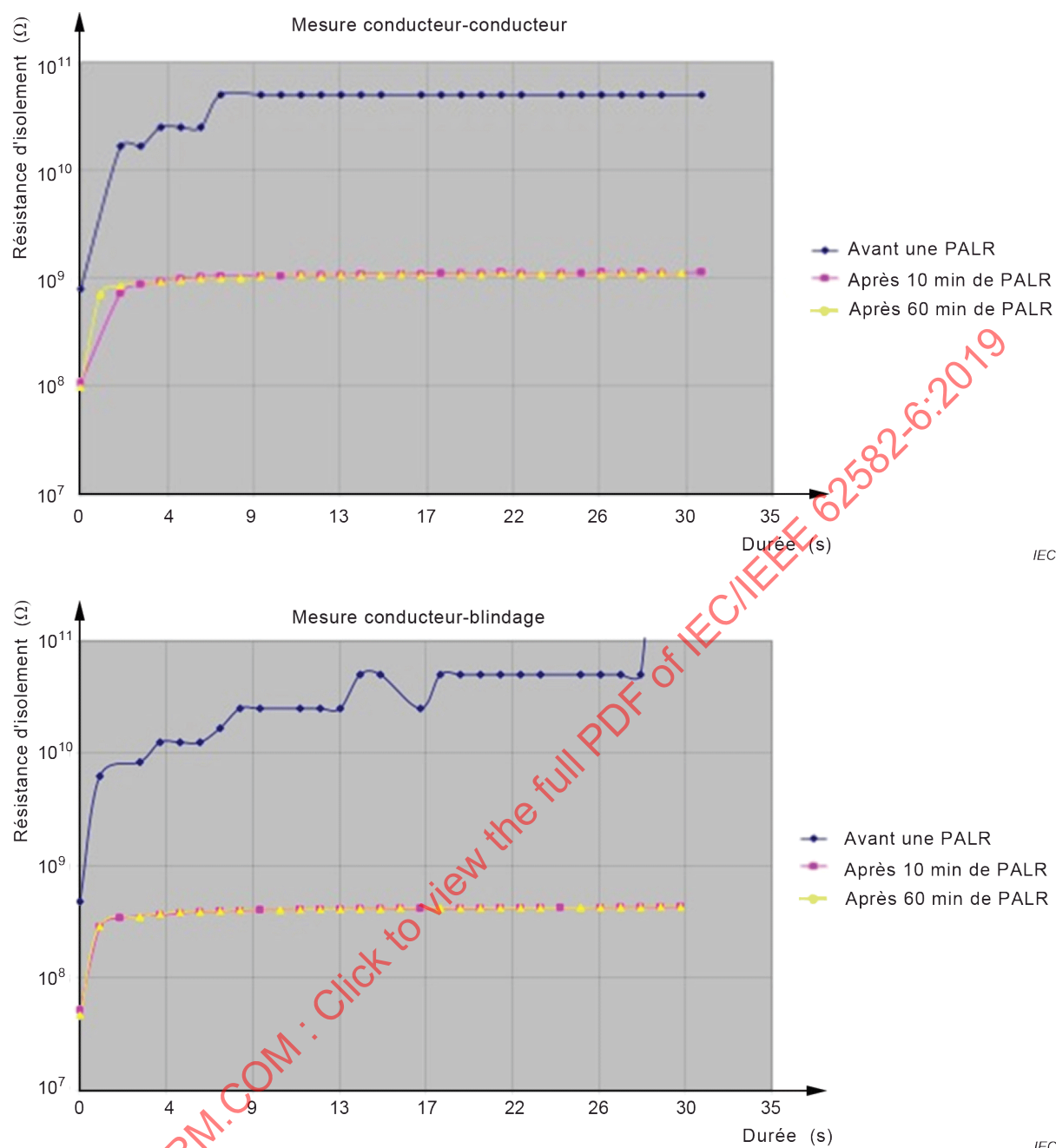


Figure 1 – Durée de stabilisation de la RI mesurée avant une PALR, après 10 min de PALR et après 60 min de PALR

Les diagrammes montrent que la stabilisation des mesures pendant une PALR est réalisée en moins de 3 s également lorsque la valeur de la RI est nettement supérieure à 100 M Ω .

6 Applicabilité et reproductibilité

Le présent document est limité à l'utilisation de la mesure de la résistance d'isolement pour surveiller l'état des câbles en conditions accidentelles simulées. La température de l'isolant a une très grande influence sur les valeurs mesurées – une approximation parfois utilisée consiste à diminuer la RI d'un facteur de 2 pour chaque augmentation de température de 10 K. Par ailleurs, les valeurs mesurées sont affectées par les niveaux élevés d'humidité et de pression constatés en conditions accidentelles simulées qui créent de la condensation sur l'isolant et une infiltration de l'humidité dans l'isolant. L'Annexe C décrit le lien de dépendance qui existe entre la RI, la température et la vapeur. En conditions accidentelles simulées, la température, la condensation et l'infiltration de l'humidité dans l'isolant varient dans le temps. Le résultat d'une mesure de la résistance d'isolement en conditions accidentelles simulées évolue de manière significative selon l'état initial du câble et l'heure à laquelle la mesure est prise en conditions accidentelles simulées. L'Annexe D donne des résultats de mesure de la RI sur de vieux câbles lors d'une simulation de PALR.

Comme représenté aux Figures D.1 à D.3 de l'Annexe D, le temps imparti pour chaque mesure est limité afin de détecter la valeur de RI la plus faible en conditions accidentelles simulées lorsque la mesure porte sur un câble multiconducteur. La Figure D.1 montre également qu'il est important de mesurer la RI sur chaque conducteur afin de détecter le conducteur ayant la valeur la plus faible.

L'élimination des contraintes de tension peut se traduire par une amélioration de l'état ou un niveau de dégradation moindre que si la tension avait été appliquée durant l'essai. Certaines normes de qualification des câbles, telles que l'IEEE Std 383, exigent que le câble soit chargé à la tension et au courant assignés durant l'essai. La technique de mesure doit ensuite combiner la mesure et la charge. Si la mesure n'est pas réalisée en continu, l'intervalle entre les mesures doit être défini afin de détecter la valeur la plus faible selon l'incertitude exigée.

Le but de la mesure de la RI conformément au présent document est de détecter les valeurs dans la plage jusqu'à 100 MΩm; en d'autres termes, des valeurs de RI supérieures n'ayant aucun effet significatif en conditions accidentelles simulées sont attendues en ce qui concerne la fonctionnalité des câbles basse tension types.

NOTE Le niveau acceptable de RI dépend de l'application. Pour la plupart des applications, la valeur d'isolement exigée est largement inférieure à 100 MΩm.

Conformément à l'IEEE Std 383-2015, il convient que les essais de type de qualification des câbles coaxiaux, triaxiaux, twinaxiaux et des câbles de communication/données comprennent un nombre suffisant d'essais des caractéristiques électriques des câbles afin de réaliser une analyse adéquate de la compatibilité des câbles pour l'application voulue, selon le cas. Ces essais peuvent inclure des essais de la résistance d'isolement pour certaines applications, mais la RI peut devoir être supérieure à 100 MΩm.

7 Instrumentation

7.1 Niveau de la tension de mesure

Les appareils de mesure doivent être capables de fournir une tension suffisante pour pouvoir maintenir le niveau spécifié de tension de mesure constant au-dessus de la plage totale de mesure, comprenant la valeur de RI acceptable la plus faible.

7.2 Incertitude

L'appareil de mesure doit être étalonné selon une incertitude globale de $\pm 10\%$.

NOTE Cet objectif peut être atteint dans un montage normalisé comportant une résistance de shuntage de 10 kΩ, associé à un multimètre numérique à 6 ½ chiffres. La limite d'incertitude est de 100 MΩ et la RI dans la plage de 10 kΩ peut toujours être tracée.

L'incertitude doit être calculée conformément au JCGM 100:2008 (méthodologie GUM).

7.3 Etalonnage

L'appareil de mesure de la RI doit être étalonné dans la plage des grandeurs mesurées afin d'en garantir la précision. Ces grandeurs peuvent être la tension et le courant ou la résistance.

8 Procédure de mesure de la RI

8.1 Généralités

La procédure de mesure décrite permet de déterminer la RI la plus faible pour chaque conducteur d'un câble multiconducteur. Dans le cas où un seul conducteur ou groupe de conducteurs connectés par instrument de mesure est mesuré, la période de mesure peut être égale à la durée de l'essai si la mesure est effectuée sur des spécimens non alimentés. Dans le cas contraire, si un instrument est utilisé pour mesurer plus d'un conducteur ou un groupe de conducteurs, la procédure de mesure doit inclure la commutation. Pour plus d'informations sur la mesure de spécimens alimentés, se référer au 8.6.5.

8.2 Exigences pour le suivi des variations de la RI en conditions accidentelles simulées

Pour comprendre l'influence maximale des variations rapides de température/humidité/pression sur la résistance lors de la phase initiale de la simulation en conditions accidentelles, la durée de commutation, la durée de stabilisation et la durée de mesure doivent être limitées afin de permettre le suivi des variations de la résistance d'isolement. La procédure doit permettre de réaliser des relevés consécutifs de la valeur de RI au moins toutes les 7,5 min en conditions accidentelles simulées. La valeur la plus faible détectée en conditions accidentelles simulées doit être indiquée dans le rapport. En plus de la valeur la plus faible détectée, le rapport doit également inclure un diagramme d'évolution dans le temps de la RI en conditions accidentelles simulées.

8.3 Spécimen d'essai

Le spécimen d'essai (câble complet ou conducteur unique soumis à essai) doit avoir une longueur minimale de 3 m. Les extrémités des conducteurs doivent être étanches. Lorsqu'un câble complet (enveloppe comprise) est soumis à essai, l'étanchéité entre les conducteurs et l'enveloppe ne doit pas être assurée, sauf si l'essai est exclusivement destiné à une application spécifique où le câble doit être étanche.

Le plan de masse doit être en contact avec toutes les parties de la surface de l'isolant du spécimen d'essai. Aucune protection n'est donc nécessaire. Pour ce faire, une tresse métallique autour du spécimen sert de plan de masse. La composition de la tresse métallique ne doit pas influencer l'absorption de l'humidité dans le matériau isolant ni l'infiltration de l'humidité dans les fissures du matériau isolant.

NOTE 1 Lorsque le plan de masse est en contact avec l'isolant, la valeur de RI générée est modérée (faible); un résultat similaire peut être attendu sur le terrain si le câble est installé dans un tube métallique ou au fond d'un chemin de câbles en métal solide. Si le câble sur le site est installé sur une échelle à câbles, la mise à la masse se fait par points, ce qui génère des valeurs de RI supérieures.

NOTE 2 Dans le cas des essais d'un spécimen immergé dans l'eau, l'eau peut servir de plan de masse.

8.4 Brouillage

Les autres spécimens placés dans la chambre, qui sont chargés ou alimentés en courant alternatif, doivent être mis hors tension lors de la mesure de la RI afin d'éviter la diaphonie.

8.5 Conditionnement

Avant de débiter la simulation en conditions accidentelles, le spécimen doit être stabilisé à un état correspondant à un fonctionnement normal sur le terrain.

8.6 Mesure de la RI pendant la phase dynamique des conditions accidentelles simulées

8.6.1 Montage de mesure

L'Annexe A donne un montage type pour la mesure de la RI en utilisant une tension continue.

8.6.2 Connexion de la tension de RI et début de la mesure

Relier le spécimen à la source de tension continue utilisée pour la mesure de la RI.

NOTE Le courant de charge capacitif a une grande influence sur le relevé initial de la RI. La RI totale perd rapidement plusieurs dizaines par rapport à la valeur initiale.

8.6.3 Tension par défaut

La tension par défaut doit être une tension continue de 500 V. La tension de référence doit être balayée et enregistrée à l'aide du même dispositif de balayage que celui utilisé pour la mesure de la RI.

Les matériaux isolants utilisés dans les centrales nucléaires de puissance conviennent normalement à une utilisation avec une tension d'essai de 500 V c.c. sans subir de dommages. Pour certains câbles de données/communication où une tension de 500 V c.c. peut surcharger l'isolant des câbles, une valeur de 100 V c.c. peut être utilisée comme valeur d'essai de la RI. La précision sera alors réduite.

Une source de tension continue très stable est exigée. Elle peut être assurée par des batteries ou par une alimentation électrique rectifiée et stabilisée. Le niveau de stabilité exigé est tel que les variations de courant dues à d'éventuelles variations de tension sont négligeables par rapport au courant à mesurer.

8.6.4 Détermination de la valeur de RI avec le spécimen non alimenté en conditions accidentelles simulées

8.6.4.1 Un conducteur ou groupe de conducteurs connectés par instrument de mesure

La valeur de la résistance d'isolement est mesurée en continu pendant toute la durée de la simulation en conditions accidentelles. La méthode la plus conventionnelle consiste à mesurer la RI entre chaque conducteur et la masse.

8.6.4.2 Plusieurs conducteurs ou plusieurs groupes de conducteurs mesurés avec le même instrument de mesure

8.6.4.2.1 Séquence

La séquence de mesure de la RI est la suivante: dépolarisation/mise hors tension du spécimen, connexion de la source de tension de mesure de la RI, stabilisation et échantillonnage de la valeur relevée par l'instrument de mesure sur un intervalle de mesure bien défini.

8.6.4.2.2 **Dépolarisation/mise hors tension**

Le spécimen doit être mis hors tension avant le début de la séquence de mesure. Si le spécimen est alimenté en courant alternatif avant les mesures de la RI, l'alimentation doit être coupée au passage à zéro. Mettre en court-circuit le spécimen pendant 4,5 s à 5 s et laisser en circuit ouvert pendant 0,5 s à 1 s.

8.6.4.2.3 **Première boucle de mesure**

La mesure de la RI doit commencer moins de t_1 s après la connexion de la source de tension de mesure de la RI. La valeur moyenne de RI doit être déterminée par échantillonnage pendant au moins 1 s. t_1 doit être plus grand que 3 s.

8.6.4.2.4 **Préparation pour la boucle de mesure suivante**

Après la mesure, la source de tension doit être déconnectée. Le premier conducteur ou groupe de conducteurs doit être remplacé par le suivant, puis connecté.

8.6.4.2.5 **Décomposition d'une boucle**

Les étapes d'essai pour une boucle se décomposent ainsi:

- Mettre en court-circuit pendant 4,5 s à 5 s et laisser en circuit ouvert pendant 0,5 s à 1 s.
- Déconnecter le circuit.
- Connecter la source de tension continue.
- Stabiliser pendant t_1 s.
- Mesurer pendant ≥ 1 s.
- Déconnecter.
- Remplacer le spécimen et le connecter.

La boucle est terminée.

L'Annexe E donne un exemple de boucle de mesure et de calcul du temps imparti pour la stabilisation.

8.6.4.2.6 **Mesure de la RI pendant les phases stables des conditions accidentelles simulées**

Au niveau des phases stables de l'essai en conditions accidentelles simulées, c'est-à-dire après une PALR, un temps de repos peut être ajouté entre les salves de la séquence. Le temps imparti pour réaliser une mesure doit toujours être le même.

8.6.5 **Détermination de la valeur de RI avec le spécimen alimenté en conditions accidentelles simulées**

La description au 8.6.4 prend pour hypothèse que le spécimen n'est pas alimenté en conditions accidentelles simulées. Si le spécimen est à la tension assignée, ou à la tension assignée et au courant assigné (continu ou alternatif selon son application) en conditions accidentelles simulées, il est toujours recommandé de réaliser la mesure de la RI en utilisant la tension continue. Dans ce cas, l'alimentation du spécimen est coupée une fois toutes les 7,5 min au moins et la procédure décrite au 8.6.4 est réalisée. Les coupures doivent être aussi brèves que possible afin que le temps maximal imparti avec le spécimen alimenté soit le plus long possible, mais la durée de stabilisation t_1 doit toujours être d'au moins 3 s.

Il est recommandé d'utiliser la commutation automatique afin de réduire le plus possible les temps de coupure.