

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 2-14: Environment – Overvoltages on public electricity distribution
networks**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 2-14: Environnement – Surtensions sur les réseaux de distribution
publics**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.240.01; 33.100.01

ISBN 978-2-8322-6681-6

**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.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Description of overvoltages	10
4.1 General.....	10
4.2 External overvoltages.....	11
4.3 Internal overvoltages.....	11
4.4 Overvoltage waveshape	11
5 Long duration overvoltages	12
5.1 Sustained earth faults.....	12
5.2 Broken neutral on LV network.....	12
5.3 Maloperation of voltage regulating equipment.....	13
5.4 Overvoltages due to voltage unbalances	13
5.5 Dispersed generation	14
6 Short duration overvoltages.....	15
6.1 Earth faults.....	15
6.2 Load rejection (sudden load loss).....	16
6.3 Self-excitation	16
6.4 Resonance and ferroresonance.....	16
7 Very short duration overvoltages (transients).....	18
7.1 General description	18
7.2 Lightning	19
7.3 Switching	20
7.4 Summary of surge duration and cause.....	26
8 Effects of overvoltages on equipment	27
8.1 General considerations.....	27
8.2 Reduction in life of filament lamps.....	28
8.3 Effect of overvoltages on IT equipment.....	28
9 Case studies	29
9.1 General.....	29
9.2 Switching of LV power factor correction capacitor.....	29
9.3 Metal fusion furnace.....	30
9.4 Switching of MV power factor correction capacitor.....	31
9.5 DC traction system	32
9.6 Load switching	34
10 Protection against the effects of overvoltages.....	36
10.1 General considerations.....	36
10.2 Point on wave switching	36
10.3 Arcing horns and spark gaps	37
10.4 Overvoltage protection relays.....	38
10.5 Snubbers (high frequency RC filter).....	39
10.6 Uninterruptible power supply (UPS) systems	39
10.7 Surge protection device (SPD)	39

11	Conclusions.....	41
12	Recommendations.....	42
	Bibliography.....	43
	Figure 1 – Lightning impulse test voltage characteristic	11
	Figure 2 – Broken neutral on LV network	13
	Figure 3 – The effect of distributed generation on network voltage.....	14
	Figure 4 – Line – Neutral temporary overvoltage on healthy phase for single phase line – earth fault	15
	Figure 5 – Typical transient overvoltage when energizing a capacitor bank.....	22
	Figure 6 – Notching caused by power electronics switching	24
	Figure 7 – ITI (CBEMA) curve for equipment connected to 120 V 60 Hz systems	29
	Figure 8 – Voltage waveform distorted by the energization of a PFC capacitor	30
	Figure 9 – Phase to ground overvoltage in case of a single (a) or multiple (b) faults	30
	Figure 10 – Equivalent circuit.....	31
	Figure 11 – Extruder connection – single line diagram	32
	Figure 12 – Current waveforms (phases A and C) taken at the main LV circuit breaker.....	32
	Figure 13 – Single line diagram of public transportation system	33
	Figure 14 – Voltage waveforms associated with overvoltages on public transportation system.....	34
	Figure 15 – 20 kV line-to-earth voltages during breaking transformer current.....	35
	Figure 16 – Spark gap	37
	Figure 17 – Two-stage surge protection scheme	40
	Table 1 – Surges on the low voltage network.....	26
	Table 2 – Surges on the medium voltage network	27
	Table 3 – Reduction of filament lamp life	28
	Table 4 – Protective levels for typical MV surge arresters (effectively earthed neutral systems).....	41

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 2-14: Environment – Overvoltages on public electricity distribution networks

FOREWORD

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

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 61000-2-14, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 77A: Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

This bilingual version (2019-03) corresponds to the monolingual English version, published in 2006-12.

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

Enquiry draft	Report on voting
77A/540/DTR	77A/547/RVC

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

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

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

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

- 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.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

Immunity limits (in so far as they do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as International Standards or as technical specifications or technical reports, some of which have already been published as sections. Others will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: 61000-6-1).

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 2-14: Environment – Overvoltages on public electricity distribution networks

1 Scope

This part of IEC 61000 describes the electromagnetic environment with respect to the voltages in excess of normal that are found on electricity supply networks operating at low and medium nominal voltages and that can be impressed on equipment connected to those networks, without considering further effects (e.g. amplification or attenuation) within an installation. Since these overvoltages have the potential to hinder the functioning of electrical and electronic equipment, they fall within the definition of *electromagnetic disturbance* in the field of EMC. Various categories of overvoltage are described, based on relative magnitude, duration and energy content.

This Technical Report describes the phenomena of overvoltages, it does not specify compatibility levels and does not directly specify emission and immunity levels.

The report describes the various phenomena and processes that cause overvoltages, including the transfer into the networks concerned of overvoltages that originate in or traverse other networks and installations, including higher voltage networks and the installations of electricity users. The effects of overvoltages on equipment are outlined. Some case studies of overvoltage events are presented.

Recommendations are made regarding the general technical approach to mitigating the risk of equipment being hindered from operating as intended by the effects of overvoltages. (It is not the function of IEC publications to assign responsibility for mitigating measures to any of the parties involved.)

The purpose of this report is to ensure that this important category of electromagnetic disturbance is included in the description of the environment in Part 2 of IEC 61000. For that purpose, only a brief description is provided of the various overvoltages and their causes and effects. A much more detailed treatment can be found in IEC 62066. A UIE publication – *Guide to quality of electrical supply for industrial installations, Part VI: Transient and temporary overvoltages and currents* – has a similar content. Measurement methods are specified in IEC 61000-4-30.

NOTE This Technical Report does not include detailed measurement results for overvoltages, therefore it is not possible to provide an assessment of the probability of occurrence.

2 Normative references

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

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	46
INTRODUCTION.....	48
1 Domaine d'application	49
2 Références normatives.....	49
3 Termes et définitions	50
4 Description des surtensions.....	53
4.1 Généralités.....	53
4.2 Surtensions externes.....	53
4.3 Surtensions internes.....	53
4.4 Forme d'onde de surtension	53
5 Surtensions de longue durée	54
5.1 Défauts à la terre permanents	54
5.2 Rupture de neutre sur un réseau BT.....	54
5.3 Mauvais fonctionnement du matériel de régulation de tension	55
5.4 Surtensions dues à des déséquilibres de tension	55
5.5 Production décentralisée	56
6 Surtensions de courte durée.....	57
6.1 Défauts à la terre	57
6.2 Délestage (brusque perte de charge)	58
6.3 Auto-excitation	59
6.4 Résonance et ferrorésonance.....	59
7 Surtension de très courte durée (transitoires).....	61
7.1 Description générale	61
7.2 Foudre	61
7.3 Commutation.....	63
7.4 Récapitulatif de la durée et de la cause des tensions de choc	69
8 Effets des surtensions sur le matériel	70
8.1 Considérations générales	70
8.2 Réduction de la durée de vie des lampes à filament	70
8.3 Effets des surtensions sur le matériel informatique.....	71
9 Études de cas	72
9.1 Généralités.....	72
9.2 Commutation du condensateur d'amélioration de facteur de puissance BT	72
9.3 Four de fusion métallurgique	73
9.4 Commutation du condensateur d'amélioration de facteur de puissance MT	75
9.5 Réseau de traction en courant continu	76
9.6 Coupure en charge.....	78
10 Protection contre les effets des surtensions	80
10.1 Considérations générales	80
10.2 Commutation en un point de l'onde	80
10.3 Cornes de garde et éclateurs	81
10.4 Relais de protection contre les surtensions	83
10.5 Circuits d'amortissement (filtre RC haute fréquence).....	83
10.6 Systèmes d'alimentation sans interruption (ASI).....	83

10.7 Dispositifs de protection contre les surtensions (SPD).....	83
11 Conclusions.....	86
12 Recommandations.....	86
Bibliographie.....	88
Figure 1 – Caractéristique de tension d'essai au choc de foudre.....	53
Figure 2 – Rupture de neutre sur un réseau BT.....	55
Figure 3 – Effets de la production décentralisée sur la tension du réseau.....	57
Figure 4 – Surtension temporaire phase-neutre sur la phase saine pour une ligne monophasée – défaut à la terre.....	58
Figure 5 – Surtension transitoire classique lors de la mise sous tension d'une batterie de condensateurs.....	65
Figure 6 – Encoches provoquées par la commutation des électroniques de puissance.....	67
Figure 7 – Courbe ITI (CBEMA) pour les matériels connectés à des réseaux 120 V et 60 Hz.....	72
Figure 8 – Forme d'onde de tension déformée par la mise sous tension d'un condensateur PFC.....	73
Figure 9 – Surtension phase-terre en cas de simple défaut (a) ou de défauts multiples (b).....	74
Figure 10 – Circuit équivalent.....	75
Figure 11 – Connexion de l'extrudeur – diagramme unifilaire.....	75
Figure 12 – Formes d'onde de courant (phase A et phase C) prises au niveau du disjoncteur BT principal.....	76
Figure 13 – Schéma unifilaire d'un réseau de transport en commun.....	76
Figure 14 – Formes d'onde de tension associées aux surtensions sur le réseau de transport en commun.....	77
Figure 15 – Tensions phase-terre 20 kV pendant la coupure du courant du transformateur.....	79
Figure 16 – Éclateur.....	81
Figure 17 – Schéma de protection contre les tensions de choc à deux étages.....	85
Tableau 1 – Tensions de choc sur le réseau à basse tension.....	69
Tableau 2 – Tensions de choc sur le réseau moyenne tension.....	70
Tableau 3 – Réduction de la durée de vie d'une lampe à filament.....	71
Tableau 4 – Niveaux de protection des parafoudres MT classiques (réseaux à neutre effectivement à la terre).....	85

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 2-14: Environnement – Surtensions sur les réseaux de distribution publics

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. À 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. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de 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.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

L'IEC 61000-2-14, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

La présente version bilingue (2019-03) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2006-12.

Le texte anglais de ce rapport technique est issu des documents 77A/540/DTR et 77A/547/RVC.

Le rapport de vote 77A/547/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

La version française de ce rapport technique n'a pas été soumise au vote.

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

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

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée en plusieurs parties, conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas de la responsabilité des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Lignes directrices d'installation et d'atténuation

Lignes directrices d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées comme Normes internationales, spécifications techniques ou rapports techniques, dont certains ont déjà été publiés en tant que sections. D'autres seront publiées sous le numéro de la partie suivi d'un tiret et complété d'un second chiffre identifiant la subdivision (exemple: 61000-6-1).

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 2-14: Environnement – Surtensions sur les réseaux de distribution publics

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 décrit l'environnement électromagnétique en ce qui concerne les tensions supérieures aux valeurs normales qui apparaissent dans les réseaux d'alimentation électrique fonctionnant aux tensions nominales basses et moyennes, et dont peuvent faire l'objet les matériels connectés à ces réseaux, sans tenir compte de leurs effets (amplification ou atténuation, par exemple) à l'intérieur d'une installation. Ces surtensions risquant d'empêcher le fonctionnement du matériel électrique et électronique, elles entrent dans le cadre de la définition des *perturbations électromagnétiques* dans le domaine de la CEM. Différentes catégories de surtensions sont décrites, en fonction de l'amplitude relative, de la durée et du contenu énergétique.

Le présent Rapport technique décrit les phénomènes de surtension. Il ne précise pas les niveaux de compatibilité ni ne spécifie directement les niveaux d'émission et d'immunité.

Le rapport décrit les différents phénomènes et processus à l'origine de surtensions, y compris le transfert dans les réseaux concernés de surtensions qui prennent leur source ou traversent d'autres réseaux et installations, y compris les réseaux à haute tension et les installations des usagers. Les effets des surtensions sur le matériel sont présentés. Certaines études de cas relatives à des événements de surtension sont présentées.

Des recommandations sont formulées en ce qui concerne l'approche technique générale permettant de limiter le risque de difficultés de fonctionnement lié aux effets des surtensions (il ne revient pas aux publications de l'IEC d'attribuer la responsabilité des mesures d'atténuation à l'une des parties impliquées.)

Le présent rapport a pour objet de vérifier que cette catégorie importante de perturbations électromagnétiques est incluse dans la description de l'environnement dans la Partie 2 de l'IEC 61000. À cet effet, seule une brève description des différentes surtensions et de leurs causes et effets est fournie. Un traitement beaucoup plus détaillé peut être consulté dans l'IEC 62066. Une publication UIE (*Guide to quality of electrical supply for industrial installations, Part VI: Transient and temporary overvoltages and currents* – disponible en anglais seulement) présente un contenu similaire. Les méthodes de mesure sont spécifiées dans l'IEC 61000-4-30.

NOTE Le présent Rapport technique ne contient pas de résultats de mesure détaillés relatifs aux surtensions. Par conséquent, la probabilité d'occurrence ne peut pas être évaluée.

2 Références normatives

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

IEC 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) - Partie 161: Compatibilité électromagnétique*