



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Instrument transformers –
Part 15: Additional requirements for voltage transformers for DC applications**

**Transformateurs de mesure –
Partie 15: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de
tension pour application en courant continu**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-5804-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols.....	8
5 Ratings.....	12
6 Design and construction	15
7 Tests	20
Annex 15A (informative) Proposed rated insulation level applicable to voltage transformers for DC application.....	34
Bibliography.....	35
Figure 1501 – Position of the DCVT's in the DC scheme.....	6
Figure 1502 – Typical step responses of a system	10
Figure 1503 – Accuracy limits of a DCVT	14
Figure 1504 – RC divider with low-voltage part outside the main housing	25
Figure 1505 – Connection for voltage withstand test of the external low voltage part of a DCVT.....	26
Figure 1506 – Polarity reversal test profile.....	27
Figure 1507– Measurement of the step response time	29
Table 1501 – Voltage on DCVT's	6
Table 3 – Partial discharge test voltages and permissible levels	13
Table 1502 – Limits of ratio error for DCVT (classes from 0,1 to 3).....	14
Table 7 – Static withstand test loads.....	16
Table 8 – Arc fault duration and performance criteria	17
Table 1503 – Markings of terminals	18
Table 1504 – Rating plate marking for common rating plate	19
Table 1505 – Rating plate marking for each secondary converter	19
Table 1506 – Rating plate marking for auxiliary power supply	20
Table 10 – List of tests.....	21
Table 15A.1 – Proposed rated primary terminal insulation levels for voltage transformers for DC application.....	34

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 15: Additional requirements for voltage transformers for DC applications

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is 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 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.

International Standard IEC 61869-15 has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

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

FDIS	Report on voting
38/561/FDIS	38/566/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.

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

A list of all parts in the IEC 61869 series, published under the general title *Instrument transformers*, can be found on the IEC website.

This Part 15 is to be used in conjunction with IEC 61869-1:2007, *General Requirements*, and IEC 61869-6:2016, *Additional general requirements for low-power instrument transformers* – however, the reader is encouraged to use the most recent edition.

This Part 15 follows the structure of IEC 61869-1:2007 and IEC 61869-6:2016 and supplements or modifies their corresponding clauses.

When a subclause of Part 1 or Part 6 is not mentioned in this Part 15, that subclause applies. When this standard states "addition", "modification" or "replacement", the relevant text in Part 1 or Part 6 is to be adapted accordingly.

For additional clauses, subclauses, figures, tables, annexes or notes, the following numbering system is used:

- clauses, subclauses, tables, figures and notes that are numbered starting from 1501 are additional to those in Part 1 and Part 6;
- additional annexes are lettered 15A, 15B, etc.

An overview of the planned set of standards at the date of publication of this document is given below. The updated list of standards issued by IEC TC 38 is available at the website: www.iec.ch.

PRODUCT FAMILY STANDARDS	PRODUCT STANDARD	PRODUCTS	OLD STANDARD
61869-1 GENERAL REQUIREMENTS 61869-6 ADDITIONAL GENERAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER INSTRUMENT TRANSFORMERS	61869-2	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT TRANSFORMERS	60044-1 60044-6
	61869-3	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR INDUCTIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-2
	61869-4	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED TRANSFORMERS	60044-3
	61869-5	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CAPACITIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-5
	61869-7	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-7
	61869-8	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC CURRENT TRANSFORMERS	60044-8
	61869-9	DIGITAL INTERFACE FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS	
	61869-10	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER PASSIVE CURRENT TRANSFORMERS	
	61869-11	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER PASSIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-7
	61869-12	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMER OR COMBINED LOW-POWER PASSIVE TRANSFORMERS	
	61869-13	STAND ALONE MERGING UNIT	
	61869-14	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT TRANSFORMERS FOR DC APPLICATIONS	
	61869-15	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR VOLTAGE TRANSFORMERS FOR DC APPLICATIONS	

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document 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

This document applies to voltage transformers (VT) intended to be used in DC applications with the following functions:

- measure DC voltage (with significant harmonics);
- withstand DC voltage.

Two main technologies of DC converters exist today: LCC and VSC

- Line-commutated converters (LCC) are based on thyristor converters. They are characterized by a single direction of current flow, and a voltage polarity reversal possibility. Significant voltage and current harmonics exist up to frequencies of about 3 kHz to 4 kHz.
- Voltage source converters (VSC) are based on transistor converters. They are characterized by a bi-directional current flow and a single voltage polarity. Voltage and current harmonics exist up to frequencies of about 20 kHz.

The position of the DCVTs on the DC system is illustrated in Figure 1501.

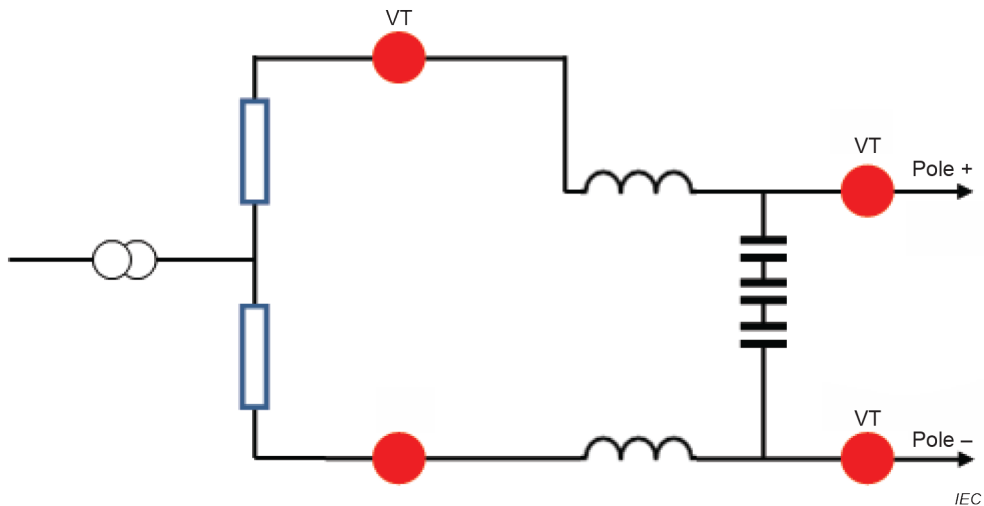


Figure 1501 – Position of the DCVT's in the DC scheme

Table 1501 gives an overview of the voltage waveshape as well as the main characteristics of the VT.

Table 1501 – Voltage on DCVT's

Voltage	Characteristics
	<p>Pure DC application High-accuracy measurement Harmonics measurement Metering, control and protection purpose</p>

The actual technology used for DCVT's are resistive voltage dividers (with or without additional capacitance). However, other technologies could be used in the future (for example, optical voltage sensors).

This document includes some specific requirements applicable to resistive voltage dividers, but can be applied to any technology.

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 15: Additional requirements for voltage transformers for DC applications

1 Scope

This part of IEC 61869 provides all requirements specific to voltage transformers to be used in DC applications (DCVTs), whatever the technology used. The output signal can be analogue or digital.

It is applicable to newly manufactured voltage transformers used for measuring, protection and/or control applications in DC power systems with a rated voltage above 1,5 kV.

This document covers passive voltage dividers as well as active voltage transformers, used for measurement, control and protection.

The general configuration of a single-pole low-power instrument transformer is described in Figure 601 of IEC 61869-6:2016.

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.

Clause 2 of IEC 61869-6:2016 is applicable, with the following additions:

IEC TS 60815-4:2016, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 4: Insulators for DC systems*

IEC TS 61245, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on DC systems*

IEC 61869-1:2007, *Instrument transformers – Part 1: General requirements*

IEC 61869-6:2016, *Instrument transformers – Part 6: Additional general requirements for low-power instrument transformers*

IEC 61869-9:2016, *Instrument transformers – Part 9: Digital interface for instrument transformers*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	37
INTRODUCTION.....	41
1 Domaine d'application	43
2 Références normatives	43
3 Termes, définitions, termes abrégés et symboles	43
5 Caractéristiques assignées.....	47
6 Conception et construction	50
7 Essais	55
Annexe 15A (informative) Proposition de niveau d'isolement assigné applicable aux transformateurs de tension pour courant continu.....	70
Bibliographie.....	71
Figure 1501 – Position du transformateur de tension à courant continu dans le schéma du courant continu	41
Figure 1502 – Réponses à un échelon types d'un système	45
Figure 1503 – Limites de précision d'un transformateur de tension à courant continu	50
Figure 1504 – Diviseur RC dont la partie à basse tension est en dehors du boîtier principal.....	60
Figure 1505 – Connexion pour un essai de tenue en tension de la partie externe à basse tension d'un transformateur de tension à courant continu	61
Figure 1506 – Profil d'essai d'inversion de polarité	62
Figure 1507 – Mesure du temps de réponse à un échelon	64
Tableau 1501 – Tension sur les transformateurs de tension à courant continu	42
Tableau 3 – Tensions d'essai de décharge partielle et niveaux admissibles	48
Tableau 1502 – Limites de l'erreur de rapport des transformateurs de tension à courant continu (classes de 0,1 à 3)	49
Tableau 7 – Charges d'essai de tenue statique	51
Tableau 8 – Durée de défaut d'arc et critères de performance	52
Tableau 1503 – Marquage des bornes	53
Tableau 1504 – Marquage de plaque signalétique – plaque signalétique commune	54
Tableau 1505 – Marquage de plaque signalétique pour chaque convertisseur secondaire	54
Tableau 1506 – Marquage de plaque signalétique pour alimentation auxiliaire.....	55
Tableau 10 – Liste des essais.....	56
Tableau 15A.1 – Propositions de niveaux assignés d'isolement des bornes primaires pour les transformateurs de tension pour courant continu	70

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 15: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de tension pour application en courant continu

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. 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 elle-même ne fournit 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 n'est responsable 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, 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 Norme internationale IEC 61869-15 a été établie par le comité d'études 38 de l'IEC: Transformateurs de mesure.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
38/561/FDIS	38/566/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61869, publiées sous le titre général *Transformateurs de mesure*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

La présente Partie 15 doit être utilisée conjointement avec l'IEC 61869-1:2007, *Exigences générales*, et l'IEC 61869-6:2016, *Exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance*. Le lecteur est toutefois encouragé à utiliser l'édition la plus récente.

La présente Partie 15 reprend la structure de l'IEC 61869-1:2007 et de l'IEC 61869-6:2016 et complète ou modifie les articles correspondants.

Lorsqu'un paragraphe de la Partie 1 ou de la Partie 6 n'est pas mentionné dans la présente Partie 15, ledit paragraphe s'applique. Lorsque la présente norme spécifie "addition", "modification" ou "remplacement", le texte correspondant de la Partie 1 ou de la Partie 6 doit être adapté en conséquence.

Pour les articles, paragraphes, figures, tableaux, annexes ou notes supplémentaires, le système de numérotation suivant est utilisé:

- les articles, paragraphes, tableaux, figures et notes numérotés à partir de 1501 s'ajoutent à ceux de la Partie 1 et de la Partie 6;
- les annexes supplémentaires sont numérotées 15A, 15B, etc.

Une vue d'ensemble de la série de normes prévue à la date de publication du présent document est donnée ci-dessous. La liste à jour des normes publiées par le CE 38 de l'IEC est disponible sur le site web: www.iec.ch.

NORMES DE FAMILLES DE PRODUITS	NORMES DE PRODUITS	PRODUITS	ANCIENNE NORME
61869-1 EXIGENCES GÉNÉRALES	61869-2	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT	60044-1 60044-6
	61869-3	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS INDUCTIFS DE TENSION	60044-2
	61869-4	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS COMBINÉS	60044-3
	61869-5	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS CONDENSATEURS DE TENSION	60044-5
61869-6 EXIGENCES GÉNÉRALES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE MESURE DE FAIBLE PUISSANCE	61869-7	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC VOLTAGE TRANSFORMERS (disponible en anglais seulement)	60044-7
	61869-8	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC CURRENT TRANSFORMERS (disponible en anglais seulement)	60044-8
	61869-9	INTERFACE NUMÉRIQUE DES TRANSFORMATEURS DE MESURE	
	61869-10	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT PASSIFS DE FAIBLE PUISSANCE	
	61869-11	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES POUR LES TRANSFORMATEURS DE TENSION PASSIFS DE FAIBLE PUISSANCE	60044-7
	61869-12	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMER OR COMBINED LOW-POWER PASSIVE TRANSFORMERS (disponible en anglais seulement)	
	61869-13	STAND-ALONE MERGING UNIT (disponible en anglais seulement)	
	61869-14	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR APPLICATION EN COURANT CONTINU	
	61869-15	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE TENSION POUR APPLICATION EN COURANT CONTINU	

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

Le présent document s'applique aux transformateurs de tension destinés à être utilisés dans les applications en courant continu comportant les fonctions suivantes:

- mesurer une tension continue (avec des harmoniques élevées);
- assurer la tenue diélectrique à la tension continue.

Il existe aujourd'hui deux principales technologies de convertisseur de courant continu: les convertisseurs commutés par le réseau (LCC, Line-Commutated Converter) et les convertisseurs de source de tension (VSC, Voltage Source Converter)

- Les convertisseurs commutés par le réseau (LCC) sont basés sur les convertisseurs à thyristor. Ils se caractérisent par un flux de courant unidirectionnel et la possibilité d'inverser la polarité de la tension. Des harmoniques de tension et de courant élevées existent jusqu'à des fréquences d'environ 3 kHz à 4 kHz.
- Les convertisseurs de source de tension (VSC) sont basés sur les convertisseurs à transistor. Ils se caractérisent par un flux de courant bidirectionnel et une polarité de tension unique. Des harmoniques de tension et de courant élevées existent jusqu'à des fréquences d'environ 20 kHz.

La position du transformateur de tension dans le système à courant continu est présentée à la Figure 1501.

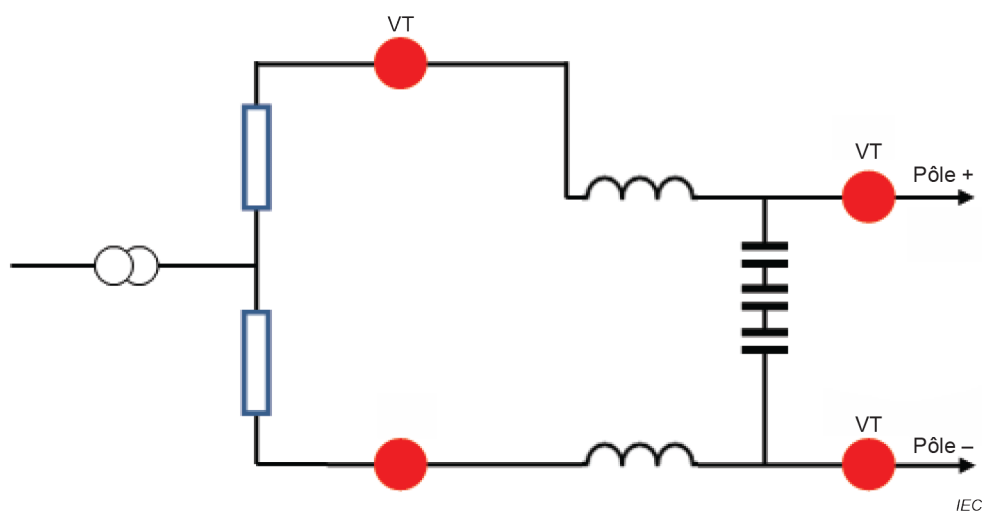



Figure 1501 – Position du transformateur de tension dans le schéma du courant continu

Le Tableau 1501 donne une vue d'ensemble de la forme d'onde de la tension, ainsi que des principales caractéristiques du transformateur de tension.

Tableau 1501 – Tension sur les transformateurs de tension à courant continu

Tension	Caractéristiques
	<p>Applications en courant continu pur</p> <p>Mesure d'une grande précision</p> <p>Mesure des harmoniques</p> <p>Utilisé à des fins de mesure, de commande et de protection</p>

La technologie actuellement utilisée pour les transformateurs de tension pour application en courant continu est le diviseur de tension résistif (avec ou sans capacité supplémentaire). Toutefois, d'autres technologies pourraient être utilisées à l'avenir (par exemple des capteurs de tension optiques).

Le présent document contient certaines exigences spécifiques applicables aux diviseurs de tension résistifs, mais qui peuvent s'appliquer à n'importe quelle technologie.

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 15: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de tension pour application en courant continu

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61869 couvre toutes les exigences particulières concernant les transformateurs de tension utilisés dans les applications en courant continu, quelle que soit la technologie utilisée. Le signal de sortie peut être analogique ou numérique.

Elle s'applique aux transformateurs de tension fabriqués récemment et utilisés pour des applications de mesure, de protection et/ou de commande sur des systèmes d'alimentation électrique en courant continu dont la tension assignée est supérieure à 1,5 kV.

Le présent document couvre les diviseurs de tension passifs et les transformateurs de tension actifs utilisés à des fins de mesure, de commande et de protection.

La configuration générale d'un transformateur de mesure de faible puissance unipolaire est décrite à la Figure 601 de l'IEC 61869-6:2016.

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).

L'Article 2 de l'IEC 61869-6:2016 s'applique, avec les ajouts suivants:

IEC TS 60815-4:2016, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 4: Insulators for DC systems* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 61245, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on DC systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61869-1:2007, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61869-6:2016, *Transformateurs de mesure – Partie 6: Exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance*

IEC 61869-9:2016, *Transformateurs de mesure – Partie 9: Interface numérique des transformateurs de mesure*