

Determination of power losses in high-voltage direct current (HVDC) converter stations with line-commutated converters

EESTI STANDARDI EESSÕNA

NATIONAL FOREWORD

Käesolev Eesti standard EVS-EN 61803:2011 sisaldab Euroopa standardi EN 61803:1999 ingliskeelset teksti.

Standard on kinnitatud Eesti Standardikeskuse 31.03.2011 käskkirjaga ja jõustub sellekohase teate avaldamisel EVS Teatajas.

Euroopa standardimisorganisatsioonide poolt rahvuslikele liikmetele Euroopa standardi teksti kättesaadavaks tegemise kuupäev on 01.04.1999.

Standard on kättesaadav Eesti standardiorganisatsioonist.

This Estonian standard EVS-EN 61803:2011 consists of the English text of the European standard EN 61803:1999.

This standard is ratified with the order of Estonian Centre for Standardisation dated 31.03.2011 and is endorsed with the notification published in the official bulletin of the Estonian national standardisation organisation.

Date of Availability of the European standard text 01.04.1999.

The standard is available from Estonian standardisation organisation.

ICS 29.200

Standardite reprodutseerimis- ja levitamiseõigus kuulub Eesti Standardikeskusele

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonilisse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel on keelatud ilma Eesti Standardikeskuse poolt antud kirjaliku loata.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, palun võtke ühendust Eesti Standardikeskusega:
Aru 10 Tallinn 10317 Eesti; www.evs.ee; Telefon: 605 5050; E-post: info@evs.ee

Right to reproduce and distribute belongs to the Estonian Centre for Standardisation

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, without permission in writing from Estonian Centre for Standardisation.

If you have any questions about standards copyright, please contact Estonian Centre for Standardisation:
Aru str 10 Tallinn 10317 Estonia; www.evs.ee; Phone: 605 5050; E-mail: info@evs.ee

English version

**Determination of power losses
in high-voltage direct current (HVDC) converter stations
(IEC 61803:1999)**

Détermination des pertes en puissance
dans les postes de conversion en
courant continu à haute tension (CCHT)
(CEI 61803:1999)

Bestimmung der Leistungsverluste in
Hochspannungsgleichstrom
(HGÜ)-Stromrichter-Stationen
(IEC 61803:1999)

This European Standard was approved by CENELEC on 1999-04-01. CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CENELEC member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

CENELEC

European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brussels

Foreword

The text of document 22F/51/FDIS, future edition 1 of IEC 61803, prepared by SC 22F, Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC TC 22, Power electronics, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 61803 on 1999-04-01.

The following dates were fixed:

- latest date by which the EN has to be implemented
at national level by publication of an identical
national standard or by endorsement (dop) 2000-01-01
- latest date by which the national standards conflicting
with the EN have to be withdrawn (dow) 2002-04-01

Annexes designated "normative" are part of the body of the standard.

Annexes designated "informative" are given for information only.

In this standard, annexes A and ZA are normative and annexes B and C are informative.

Annex ZA has been added by CENELEC.

Endorsement notice

The text of the International Standard IEC 61803:1999 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

This document is a preview

Annex ZA (normative)

Normative references to international publications with their corresponding European publications

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

NOTE: When an international publication has been modified by common modifications, indicated by (mod), the relevant EN/HD applies.

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 60076-1 (mod)	1993	Power transformers Part 1: General	EN 60076-1	1997
IEC 60289 (mod)	1988	Reactors	EN 60289	1994
IEC 60633	1998	Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission	EN 60633	1999
IEC 60700-1	1998	Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission Part 1: Electrical testing	EN 60700-1	1998
IEC 60747-6	1983	Semiconductor devices - Discrete devices Part 6: Thyristors	-	-
IEC 60871-1	1997	Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 kV Part 1: General performance, testing and rating - Safety requirements - Guide for installation and operation	EN 60871-1	1997

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions et symboles	10
3.1 Définitions.....	10
3.2 Symboles littéraux.....	12
4 Généralités	12
4.1 Introduction.....	12
4.2 Conditions ambiantes.....	14
4.2.1 Température extérieure de référence normalisée.....	14
4.2.2 Température de référence normalisée de l'agent de refroidissement.....	14
4.2.3 Pression de l'air de référence normalisée	14
4.3 Paramètres de fonctionnement.....	16
5 Détermination des pertes du matériel	16
5.1 Pertes de valves à thyristors	16
5.1.1 Pertes de conduction de thyristors par valve.....	18
5.1.2 Affaiblissement géométrique de thyristors par valve.....	20
5.1.3 Autres pertes résistives par valve	20
5.1.4 Pertes dépendant de la tension continue par valve.....	22
5.1.5 Pertes d'amortissement par valve (terme dépendant de la résistance) ..	24
5.1.6 Pertes par amortissement par valve (variation du terme énergie du condensateur)	24
5.1.7 Pertes au blocage par valve	26
5.1.8 Perte d'inductance par valve.....	26
5.1.9 Pertes totales de valve	28
5.1.10 Effets de la température	28
5.1.11 Perte en fonctionnement à vide par valve	28
5.2 Pertes d'un transformateur de conversion.....	30
5.2.1 Généralités	30
5.2.2 Pertes en fonctionnement à vide.....	30
5.2.3 Pertes en fonctionnement.....	30
5.2.4 Pertes de puissance auxiliaire	32
5.3 Pertes par filtre côté alternatif	32
5.3.1 Généralités	32
5.3.2 Pertes au niveau d'un condensateur de filtrage à courant alternatif.....	34
5.3.3 Pertes au niveau d'une inductance de filtrage à courant alternatif	34
5.3.4 Pertes au niveau d'une résistance de filtrage à courant alternatif	36
5.3.5 Pertes totales au niveau d'un filtre côté alternatif	36
5.4 Pertes au niveau d'une batterie de condensateurs shunt.....	36
5.5 Pertes au niveau d'une bobine d'inductance shunt.....	36
5.6 Pertes au niveau d'une bobine d'inductance de lissage en courant continu.....	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions and symbols.....	11
3.1 Definitions.....	11
3.2 Letter symbols	13
4 General.....	13
4.1 Introduction.....	13
4.2 Ambient conditions.....	15
4.2.1 Outdoor standard reference temperature	15
4.2.2 Coolant standard reference temperature.....	15
4.2.3 Standard reference air pressure	15
4.3 Operating parameters	17
5 Determination of equipment losses.....	17
5.1 Thyristor valve losses.....	17
5.1.1 Thyristor conduction loss per valve	19
5.1.2 Thyristor spreading loss per valve	21
5.1.3 Other conduction losses per valve	21
5.1.4 DC voltage-dependent loss per valve.....	23
5.1.5 Damping loss per valve (resistor-dependent term)	25
5.1.6 Damping loss per valve (change of capacitor energy term).....	25
5.1.7 Turn-off losses per valve	27
5.1.8 Reactor loss per valve	27
5.1.9 Total valve losses.....	29
5.1.10 Temperature effects	29
5.1.11 No-load operation loss per valve.....	29
5.2 Converter transformer losses	31
5.2.1 General.....	31
5.2.2 No-load operation losses	31
5.2.3 Operating losses	31
5.2.4 Auxiliary power losses	33
5.3 AC filter losses.....	33
5.3.1 General.....	33
5.3.2 AC filter capacitor losses.....	35
5.3.3 AC filter reactor losses	35
5.3.4 AC filter resistor losses	37
5.3.5 Total a.c. filter losses	37
5.4 Shunt capacitor bank losses.....	37
5.5 Shunt reactor losses	37
5.6 DC smoothing reactor losses.....	39

Articles	Pages
5.7 Pertes au niveau d'un filtre côté continu	38
5.7.1 Généralités	38
5.7.2 Pertes au niveau d'un condensateur de filtrage à courant continu	40
5.7.3 Pertes au niveau d'une inductance de filtrage à courant continu	40
5.7.4 Pertes au niveau d'une résistance de filtrage à courant continu	42
5.7.5 Pertes totales au niveau d'un filtre côté continu	42
5.8 Pertes du matériel auxiliaire et du poste en service	42
5.9 Pertes au niveau des filtres d'interférences radio/courant porteur sur ligne d'énergie	44
5.10 Autres pertes au niveau du matériel	46
Figure 1 Matériel type en courant continu à haute tension (CCHT) pour un pôle	48
Figure 2 Schéma triphasé simplifié d'un convertisseur à 12 impulsions à CCHT	50
Figure 3 Circuit équivalent simplifié d'une valve type à thyristors	50
Figure 4 Formes de courant et de tension d'une valve fonctionnant dans un convertisseur à 12 impulsions	52
Figure 5 Courbe caractéristique d'un thyristor à l'état passant	54
Figure 6 Courant de conduction et chute de tension	54
Figure 7 Répartition de l'inductance de commutation entre L_1 et L_2	56
Figure 8 Courant dans le thyristor durant le rétablissement inverse	56
Annexe A (normative) Calcul des courants et tensions harmoniques	58
A.1 Courants harmoniques dans les transformateurs de conversion	58
A.2 Courants harmoniques dans les filtres côté alternatif	58
A.3 Tensions harmoniques sur le côté continu	60
A.4 Courants harmoniques dans la bobine d'inductance de lissage	60
Annexe B (informative) Pertes typiques du poste	62
Annexe C (informative) Bibliographie	64

Clause	Page
5.7 DC filter losses	39
5.7.1 General	39
5.7.2 DC filter capacitor losses	41
5.7.3 DC filter reactor losses	41
5.7.4 DC filter resistor losses	43
5.7.5 Total d.c. filter losses	43
5.8 Auxiliaries and station service losses	43
5.9 Radio interference/PLC filter losses	45
5.10 Other equipment losses	47
Figure 1 Typical high-voltage direct current (HVDC) equipment for one pole	49
Figure 2 Simplified three-phase diagram of an HVDC 12-pulse converter	51
Figure 3 Simplified equivalent circuit of a typical thyristor valve	51
Figure 4 Current and voltage waveforms of a valve operating in a 12-pulse converter ...	53
Figure 5 Thyristor on-state characteristic	55
Figure 6 Conduction current and voltage drop	55
Figure 7 Distribution of commutating inductance between L_1 and L_2	57
Figure 8 Thyristor current during reverse recovery	57
Annex A (normative) Calculation of harmonic currents and voltages	59
A.1 Harmonic currents in converter transformers	59
A.2 Harmonic currents in a.c. filters	59
A.3 Harmonic voltages on the d.c. side	61
A.4 DC side harmonic currents in the smoothing reactor	61
Annex B (informative) Typical station losses	63
Annex C (informative) Bibliography	65

DÉTERMINATION DES PERTES EN PUISSANCE DANS LES POSTES DE CONVERSION EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT)

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique à tous les postes de conversion en courant continu à haute tension (CCHT), commutés par le réseau, et utilisés pour l'échange de puissance dans des systèmes de distribution d'énergie. Cette norme présuppose l'utilisation de convertisseurs à thyristors à 12 impulsions mais peut également, en utilisant les précautions appropriées, s'appliquer à des convertisseurs à thyristors à 6 impulsions.

Dans certaines applications, il est admis de connecter des compensateurs synchrones ou des compensateurs var statiques (CVS) au noeud à courant alternatif du poste de conversion en courant continu à haute tension (CCHT). Les procédures de détermination de pertes pour ce type de matériel ne figurent pas dans la présente norme.

La présente norme décrit un ensemble de procédures types permettant de déterminer l'ensemble des pertes d'un poste de conversion à CCHT. Un matériel type à CCHT est présenté à la figure 1. Les procédures recouvrent toutes les pièces, à l'exception de celles mentionnées ci-dessus, et considèrent les pertes en fonctionnement à vide et les pertes en fonctionnement ainsi que leurs méthodes de calcul utilisant, dans la mesure du possible, des paramètres mesurés.

Les conceptions de poste de conversion utilisant des composants ou configurations de circuit originaux par rapport à la conception type considérée a priori dans la présente norme, ou des conceptions équipées de circuits de distribution d'énergie auxiliaires inhabituels susceptibles de modifier les pertes, doivent être évaluées selon leurs propres mérites.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60076-1:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 60289:1988, *Bobines d'inductance*

CEI 60633:1998, *Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)*

CEI 60700-1:1998, *Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 1: Essais électriques*

DETERMINATION OF POWER LOSSES IN HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) CONVERTER STATIONS

1 Scope

This International Standard applies to all line-commutated high-voltage direct current (HVDC) converter stations used for power exchange in utility systems. This standard presumes the use of 12-pulse thyristor converters but can, with due care, also be used for 6-pulse thyristor converters.

In some applications, synchronous compensators or static var compensators (SVC) may be connected to the a.c. bus of the HVDC converter station. The loss determination procedures for such equipment are not included in this standard.

This standard presents a set of standard procedures for determining the total losses of an HVDC converter station. Typical HVDC equipment is shown in figure 1. The procedures cover all parts, except as noted above, and address no-load operation and operating losses together with their methods of calculation which use, wherever possible, measured parameters.

Converter station designs employing novel components or circuit configurations compared to the typical design assumed in this standard, or designs equipped with unusual auxiliary circuits that could affect the losses, shall be assessed on their own merits.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60289:1988, *Reactors*

IEC 60633:1998, *Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission*

IEC 60700-1:1998, *Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing*

CEI 60747-6:1983, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Partie 6: Thyristors*

CEI 60871-1:1997, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V – Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation*

3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1 Définitions

3.1.1

pertes auxiliaires

puissance électrique requise pour alimenter les charges auxiliaires des postes de conversion. Les pertes auxiliaires varient selon que le poste fonctionne à vide ou en charge, auquel cas les pertes auxiliaires dépendent du niveau de charge

3.1.2

pertes en fonctionnement à vide

pertes produites dans un élément du matériel tandis que le poste de conversion est sous tension mais que les convertisseurs sont bloqués et que toutes les charges de poste en service et le matériel auxiliaire sont connectés comme prescrit pour la captation immédiate d'une charge

3.1.3

niveau de charge

ce terme spécifie le courant continu, la tension continue, l'angle d'allumage, la tension alternative et la position du changeur de prises du transformateur de conversion selon lesquels le poste de conversion fonctionne

3.1.4

pertes en fonctionnement

pertes produites dans un élément de matériel à un niveau de charge donné, tandis que le poste de conversion est sous tension et les convertisseurs sont en fonctionnement

3.1.5

charge assignée

cette charge est liée au fonctionnement pour des valeurs nominales de courant continu, de tension continue, alternative et d'angle d'allumage de convertisseur. On doit supposer que le réseau à tension alternative est à fréquence nominale et que ses tensions triphasées sont nominales et équilibrées. La position du changeur de prises du transformateur de conversion et le nombre de filtres à courant alternatif et d'éléments d'inductance shunt connectés doivent être compatibles avec un fonctionnement sous une charge assignée coïncidant avec des conditions nominales

3.1.6

pertes totales d'un poste

la perte totale d'un poste est la somme de toutes les pertes en fonctionnement ou des pertes en fonctionnement à vide et des pertes auxiliaires correspondantes

IEC 60747-6:1983, *Semiconductor devices – Discrete devices – Part 6: Thyristors*

IEC 60871-1:1997, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

3 Definitions and symbols

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply:

3.1 Definitions

3.1.1

auxiliary losses

the electric power required to feed the converter station auxiliary loads. The auxiliary losses depend on whether the station is in no-load operation or carrying load, in which case the auxiliary losses depend on the load level

3.1.2

no-load operation losses

the losses produced in an item of equipment with the converter station energized but with the converters blocked and all station service loads and auxiliary equipment connected as required for immediate pick-up of load

3.1.3

load level

this term specifies the direct current, direct voltage, firing angle, a.c. voltage, and converter transformer tap-changer position at which the converter station is operating

3.1.4

operating losses

the losses produced in an item of equipment at a given load level with the converter station energized and the converters operating

3.1.5

rated load

this load is related to operation at nominal values of d.c. current, d.c. voltage, a.c. voltage and converter firing angle. The a.c. system shall be assumed to be at nominal frequency and its 3-phase voltages are nominal and balanced. The position of the tap-changer of the converter transformer and the number of a.c. filters and shunt reactive elements connected shall be consistent with operation at rated load, coincident with nominal conditions

3.1.6

total station losses

the total station loss is the sum of all operating or no-load operation losses and the corresponding auxiliary losses