

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60534-2-5

Première édition
First edition
2003-09

Vannes de régulation des processus industriels –

Partie 2-5:

Capacité d'écoulement –

**Equations de dimensionnement pour l'écoulement
des fluides dans les vannes de régulation multi-
étagées avec récupération entre étages**

Industrial process control valves –

Part 2-5:

Flow capacity –

**Sizing equations for fluid flow through multistage
control valves with interstage recovery**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

For price, see current catalogue
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Termes and définitions.....	10
4 Installation	14
5 Symboles.....	16
6 Equations de dimensionnement pour fluides incompressibles	18
6.1 Ecoulement turbulent.....	18
7 Equations de dimensionnement pour fluides compressibles	20
7.1 Ecoulement turbulent.....	22
8 Détermination des facteurs de correction	24
8.1 Facteur F_P de géométrie de la tuyauterie.....	24
8.2 Facteurs de récupération de pression du liquide F_L ou F_{LP}	24
8.3 Facteur F_F de rapport de pression critique du liquide	26
8.4 Facteur de détente Y	26
8.5 Facteur de rapport de pression différentielle x_T ou x_{TP}	28
8.6 Facteur de rapport des chaleurs massiques F_γ	28
8.7 Facteur de compressibilité Z	28
8.8 Facteur d'interaction entre étages k	30
8.9 Facteur de réchauffe r	30
Annexe A (informative) Constantes physiques ^a	34
Annexe B (informative) Exemples de calculs de dimensionnement	36
Bibliographie	54
Figure 1 – Equipement interne multi-étagé à chemins multiples	12
Figure 2 – Equipement interne multi-étagé à chemin unique.....	14
Figure 3 – Section de tuyauterie de référence pour dimensionnement.....	16
Figure 4 – Facteur F_F du rapport de la pression critique du liquide.....	32
Tableau 1 – Constantes numériques N	30
Tableau 2 – Valeurs typiques du facteur de récupération de pression critique du liquide F_L et du facteur de rapport de pression différentielle x_T à pleine ouverture à la course nominale	32
Tableau 3 – Valeurs du facteur d'interaction entre étages k et du facteur de réchauffe r	32

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions	11
4 Installation	15
5 Symbols.....	17
6 Sizing equations for incompressible fluids.....	19
6.1 Turbulent flow.....	19
7 Sizing equations for compressible fluids	21
7.1 Turbulent flow.....	23
8 Determination of correction factors	25
8.1 Piping geometry factor, F_p	25
8.2 Liquid pressure recovery factors F_L or F_{LP}	25
8.3 Liquid critical pressure ratio factor F_F	27
8.4 Expansion factor Y	27
8.5 Pressure differential ratio factor x_T or x_{TP}	29
8.6 Specific heat ratio factor F_γ	29
8.7 Compressibility factor Z	29
8.8 Stage interaction factor k	31
8.9 Reheat factor r	31
Annex A (informative) Physical constants ^a	35
Annex B (informative) Examples of sizing calculations	37
Bibliography.....	55
Figure 1 – Multistage multipath trim	13
Figure 2 – Multistage single path trim.....	15
Figure 3 – Reference pipe section for sizing.....	17
Figure 4 – Liquid critical pressure ratio factor F_F	33
Table 1 – Numerical constants N	31
Table 2 – Typical values of liquid pressure recovery factor F_L , and pressure differential ratio factor x_T at full rated travel.....	33
Table 3 – Values of the stage interaction factors k and the reheat factors r	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS –

Partie 2-5: Capacité d'écoulement – Equations de dimensionnement pour l'écoulement des fluides dans les vannes de régulation multi-étagées avec récupération entre étages

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente, les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60534-2-5 a été établie par le sous-comité 65B: Dispositifs, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65B/488/FDIS	65B/502/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.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES –**Part 2-5: Flow capacity – Sizing equations for fluid flow
through multistage control valves with interstage recovery**

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, 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.

International Standard IEC 60534-2-5 has been prepared by subcommittee 65B: Devices, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

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

FDIS	Report on voting
65B/488/FDIS	65B/502/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007.
A cette date, la publication sera

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60534 comprend des équations permettant de prédire le débit qui sont les mêmes que celles de la CEI 60534-2-1. Les différences de cette norme multi-étagée sont:

- a) l'équation pour calculer le facteur de détente Y (équation 18);
- b) la non-inclusion de la section concernant le dimensionnement pour les écoulements laminaires;
- c) l'inclusion du facteur d'interaction entre étages k (8.8) et du facteur de réchauffe r (8.9);
- d) l'addition des Tableaux des valeurs de F_L et x_T pour les vannes multi-étagées.

Les données d'essai utilisées pour valider la méthode pour un nombre d'étages compris entre un et cinq ont été obtenues à partir d'essais de capacité d'écoulement effectués selon la CEI 60534-2-3 en utilisant de l'air comme fluide d'essai et des pressions variant de 5×10^5 Pa à $13,5 \times 10^5$ Pa et une température d'environ 300 K. Certaines données ont été obtenues en installation industrielle avec de la vapeur d'eau et des pressions variant de 12×10^5 Pa et 110×10^5 Pa et des températures de 460 K à 750 K.

Cette méthode est applicable a n'importe quel nombre d'étages mais n'a été validée que jusqu'à cinq étages.

Si les coefficients spécifiques des vannes (tels que K_v ou C_v , F_L , et x_T) ne peuvent pas être déterminés par la procédure appropriée de la CEI 60534-2-3, il convient d'utiliser les valeurs fournies par le fabricant.

INTRODUCTION

This part of IEC 60534 includes equations for predicting flow which are the same as IEC 60534-2-1. The differences in this multistage standard are:

- a) the equation for the calculation of expansion factor Y (equation 18);
- b) the non-inclusion of the section on sizing for laminar flow;
- c) the inclusion of stage interaction factor k (8.8) and reheat factor r (8.9);
- d) the addition of Tables for multistage valves for values of F_L and x_T .

The test data used to validate the method for numbers of stages from one to five was obtained from sizing tests carried out in accordance with IEC 60534-2-3 using air as the test medium at pressures varying from 5×10^5 Pa to $13,5 \times 10^5$ Pa and at temperatures of approximately 300 K. Some data was obtained under plant conditions using steam at pressures varying from 12×10^5 Pa to 110×10^5 Pa and temperatures from 460 K to 750 K.

The method is applicable to any number of stages but has only been validated up to five stages.

If valve specific coefficients (such as K_v or C_v , F_L , and x_T) cannot be determined by appropriate test procedures in IEC 60534-2-3, values supplied by the manufacturer should then be used.

VANNES DE RÉGULATION DES PROCESSUS INDUSTRIELS –

Partie 2-5: Capacité d'écoulement – Equations de dimensionnement pour l'écoulement des fluides dans les vannes de régulation multi-étagées avec récupération entre étages

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60534 comprend des équations permettant de prédire le débit de fluides compressibles et incompressibles dans les vannes de régulation multi-étagées.

Les équations relatives aux fluides incompressibles sont fondées sur les équations de base pour les fluides newtoniens incompressibles. Elles ne sont pas destinées à être utilisées pour des fluides non newtoniens, des mélanges de fluides, des boues ou des systèmes de transport de particules solides en suspension dans un liquide.

Aux très basses valeurs du rapport de la pression différentielle à la pression absolue d'entrée ($\Delta p/p_1$), les fluides compressibles se comportent de manière analogue aux fluides incompressibles. Dans de telles conditions, les équations de dimensionnement pour les fluides compressibles peuvent être déduites de celles de l'équation de base pour les fluides newtoniens incompressibles. Cependant, des valeurs croissantes de $\Delta p/p_1$ provoquent des effets de compressibilité qui nécessitent de modifier l'équation de base en y introduisant des facteurs de correction appropriés. Les équations pour les fluides compressibles s'appliquent aux gaz ou aux vapeurs, mais ne conviennent pas pour les fluides multiphasiques tels que les mélanges gaz-liquide, vapeur-liquide ou gaz-solide.

La présente norme s'applique uniquement aux conceptions de vannes de régulation multi-étagées à chemins multiples et multi-étagées à chemin unique.

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).

CEI 60534-1:1987, *Vannes de régulation des processus industriels – Première partie: Terminologie des vannes de régulation et considérations générales*

CEI 60534-2-1:1998, *Vannes de régulation des processus industriels – Partie 2-1: Capacité d'écoulement – Equations de dimensionnement pour l'écoulement des fluides dans les conditions d'installation*

CEI 60534-2-3:1997, *Vannes de régulation des processus industriels – Partie 2-3: Capacité d'écoulement – Procédures d'essai*

INDUSTRIAL-PROCESS CONTROL VALVES –

Part 2-5: Flow capacity – Sizing equations for fluid flow through multistage control valves with interstage recovery

1 Scope

This part of IEC 60534 includes equations for predicting the flow of compressible and incompressible fluids through multistage control valves.

The equations for incompressible flow are based on standard hydrodynamic equations for Newtonian incompressible fluids. They are not intended for use when non-Newtonian fluids, fluid mixtures, slurries, or liquid-solid conveyance systems are encountered.

At very low ratios of pressure differential to absolute inlet pressure ($\Delta p/p_1$), compressible fluids behave similarly to incompressible fluids. Under such conditions, the sizing equations for compressible flow can be traced to the standard hydrodynamic equations for Newtonian incompressible fluids. However, increasing values of $\Delta p/p_1$ result in compressibility effects which require that the basic equations be modified by appropriate correction factors. The equations for compressible fluids are for use with gas or vapour and are not intended for use with multiphase streams such as gas-liquid, vapour-liquid or gas-solid mixtures.

This standard is applicable only to those designs of multistage multipath control valves and multistage single path control valves.

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 60534-1:1987, *Industrial-process control valves – Part 1: Control valve terminology and general considerations*

IEC 60534-2-1:1998, *Industrial-process control valves – Part 2-1: Flow capacity – Sizing equations for fluid flow under installed conditions*

IEC 60534-2-3:1997, *Industrial-process control valves – Part 2-3: Flow capacity – Test procedures*