

**Programmable controllers - Part 7:
Fuzzy control programming**

EESTI STANDARDI EESSÕNA

NATIONAL FOREWORD

Käesolev Eesti standard EVS-EN 61131-7:2003 sisaldab Euroopa standardi EN 61131-7:2000 ingliskeelset teksti. Käesolev dokument on jõustatud 05.02.2003 ja selle kohta on avaldatud teade Eesti standardiorganisatsiooni ametlikus väljaandes. Standard on kättesaadav Eesti standardiorganisatsioonist.	This Estonian standard EVS-EN 61131-7:2003 consists of the English text of the European standard EN 61131-7:2000. This document is endorsed on 05.02.2003 with the notification being published in the official publication of the Estonian national standardisation organisation. The standard is available from Estonian standardisation organisation.
--	---

ICS 25.040.40, 35.240.50

Standardite reprodutseerimis- ja levitamise õigus 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 Estonian Standards 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: +372 605 5050; E-mail: info@evs.ee

EUROPEAN STANDARD

EN 61131-7

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

December 2000

ICS 35.240.50;25.040.40

English version

Programmable controllers
Part 7: Fuzzy control programming
(IEC 61131-7:2000)

Automates programmables
Partie 7: Programmation en logique floue
(CEI 61131-7:2000)

Speicherprogrammierbare Steuerungen
Teil 7: Fuzzy-Control-Programmierung
(IEC 61131-7:2000)

This European Standard was approved by CENELEC on 2000-11-01. 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 65B/406/FDIS, future edition 1 of IEC 61131-7, prepared by SC 65B, Devices, of IEC TC 65, Industrial-process measurement and control, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 61131-7 on 2000-11-01.

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) 2001-08-01
- latest date by which the national standards conflicting
with the EN have to be withdrawn (dow) 2003-11-01

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

Annexes designated "informative" are given for information only.

In this standard, annex ZA is normative and annexes A, B, C, D and E are informative.

Annex ZA has been added by CENELEC.

Endorsement notice

The text of the International Standard IEC 61131-7:2000 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

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 60050-351	1998	International Electrotechnical Vocabulary Part 351: Automatic control	-	-
IEC 61131-3	1993	Programmable controllers Part 3: Programming languages	EN 61131-3	1993

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61131-7

Première édition
First edition
2000-08

Automates programmables –

**Partie 7:
Programmation en logique floue**

Programmable controllers –

**Part 7:
Fuzzy control programming**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61131-7:2000

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61131-7

Première édition
First edition
2000-08

Automates programmables –

**Partie 7:
Programmation en logique floue**

Programmable controllers –

**Part 7:
Fuzzy control programming**

© IEC 2000 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site: <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX XA
PRICE CODE

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	12
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	16
2 Références normatives.....	16
3 Définitions.....	16
4 Intégration dans l'automate programmable	20
5 Langage de contrôle flou FCL.....	22
5.1 Echange de programmes de contrôle flou.....	22
5.2 Eléments du langage de contrôle flou	24
5.3 Exemple de FCL	42
5.4 Règles de production et mots-clés du langage de contrôle flou (FCL)	42
6 Conformité	50
6.1 Classes de conformité du langage de contrôle flou FCL.....	50
6.2 Liste de contrôle de données.....	54
Annexe A (informative) Théorie.....	58
A.1 Logique floue	58
A.2 Contrôle flou	66
A.3 Performances du contrôle flou.....	80
Annexe B (informative) Exemples	84
B.1 Précontrôle	84
B.2 Adaptation des paramètres d'automate PID conventionnel.....	86
B.3 Contrôle flou direct d'un procédé	86
Annexe C (informative) Exemple d'application industrielle – Grue à conteneurs.....	88
Annexe D (informative) Exemple d'utilisation de variables dans le bloc de règles.....	108
Annexe E (informative) Symboles, abréviations et synonymes.....	112
Figure 1 – Exemple de bloc fonction de contrôle flou en représentation FBD	22
Figure 2 – Echange de données entre programmes en langage de contrôle flou (FCL)	24
Figure 3 – Déclaration d'interface de bloc fonction en langage ST et FBD	26
Figure 4 – Exemple de termes de rampe.....	28
Figure 5 – Exemple d'utilisation de variables pour les fonctions d'appartenance	28
Figure 6 – Exemple de termes singletons.....	30
Figure 7 – Exemple de bloc fonction flou.....	42
Figure 8 – Niveaux de conformité.....	50
Figure A.1 – Fonctions d'appartenance pour les termes «âge adulte légal» et «adulte»	60
Figure A.2 – Description de la variable linguistique «Age» par des termes linguistiques et par leur hiérarchie sur l'échelle de temps (années d'âge)	60
Figure A.3 – Profils de fonctions d'appartenance fréquemment utilisés.....	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
INTRODUCTION	13
Clause	
1 Scope and object	17
2 Normative references	17
3 Definitions	17
4 Integration into the programmable controller	21
5 Fuzzy Control Language FCL	23
5.1 Exchange of fuzzy control programs	23
5.2 Fuzzy Control Language elements	25
5.3 FCL example	43
5.4 Production rules and keywords of the Fuzzy Control Language (FCL)	43
6 Compliance	51
6.1 Conformance classes of Fuzzy Control Language FCL	51
6.2 Data check list	55
Annex A (informative) Theory	59
A.1 Fuzzy Logic	59
A.2 Fuzzy Control	67
A.3 Performance of Fuzzy control	81
Annex B (informative) Examples	85
B.1 Pre-control	85
B.2 Parameter adaptation of conventional PID controllers	87
B.3 Direct fuzzy control of a process	87
Annex C (informative) Industrial example – Container crane	89
Annex D (informative) Example for using variables in the rule block	109
Annex E (informative) Symbols, abbreviations and synonyms	113
Figure 1 – Example of a fuzzy control Function Block in FBD representation	23
Figure 2 – Data exchange of Programs in Fuzzy Control Language (FCL)	25
Figure 3 – Example of a Function Block interface declaration in ST and FBD languages	27
Figure 4 – Example of ramp terms	29
Figure 5 – Example of usage of variables for membership functions	29
Figure 6 – Example of singleton terms	31
Figure 7 – Example for fuzzy function block	43
Figure 8 – Levels of conformance	51
Figure A.1 – Membership functions of the terms "full legal age" and "adult"	61
Figure A.2 – Description of the linguistic variable "Age" by linguistic terms and their hierarchy on the time scale (age in years)	61
Figure A.3 – Commonly used shapes of membership functions	63

Figure A.4 – Algorithmes pour l'implémentation d'opérations entre deux fonctions d'appartenance.....	66
Figure A.5 – Structure et éléments fonctionnels du contrôle flou.....	68
Figure A.6 – Principe de fuzzification (exemple).....	68
Figure A.7 – Représentation de la base de connaissance sous forme linguistique	70
Figure A.8 – Représentation de deux variables sous forme de matrice	70
Figure A.9 – Eléments d'une inférence.....	72
Figure A.10a – Exemple montrant les principes d'agrégation.....	74
Figure A.10b – Principes d'activation (exemple).....	74
Figure A.10c – Principes d'accumulation (exemple).....	76
Figure A.11a – Méthodes de défuzzification	76
Figure A.11b – Comparaison entre maximum le plus à gauche et maximum le plus à droite ..	78
Figure A.11c: Comparaison entre Centre de surface et Centre de gravité	78
Figure A.11d – Méthodes de défuzzification	80
Figure A.12 – Exemples de courbes de caractéristiques de contrôle flou	82
Figure A.13a – Automate à base de logique floue: structure fondamentale	82
Figure A.13b – Exemple d'automate à base de logique floue	82
Figure B.1 – Exemple de précontrôle	84
Figure B.2 – Exemple d'adaptation d'un paramètre.....	86
Figure B.3 – Exemple de contrôle flou direct	86
Figure C.1 – Exemple d'application industrielle – Grue à conteneurs	88
Figure C.2 – Variable linguistique «Distance» entre tête de grue et position finale	90
Figure C.3 – Variable linguistique «Angle» entre conteneur et tête de grue.....	90
Figure C.4 – Variable linguistique «Puissance»	90
Figure C.5 – Base de règles	92
Figure C.6 – Fuzzification de la variable linguistique «Distance»	92
Figure C.7 – Fuzzification de la variable linguistique «Angle»	94
Figure C.8 – Sous-ensemble de trois règles.....	94
Figure C.9 – Eléments d'agrégation	94
Figure C.10 – Principes d'agrégation	96
Figure C.11 – Eléments d'activation	96
Figure C.12 – Principes d'activation	98
Figure C.13 – Eléments d'accumulation	98
Figure C.14 – Principes d'accumulation	100
Figure C.15 – Défuzzification	102
Figure C.16 – Exemple en FCL	104
Figure D.1 – Principe du système contrôlé	108
Figure D.2 – Principe de contrôle flou d'un four	108
Figure D.3 – Bloc de règles.....	108
Figure D.4 – Exemple en FCL	110

	Page
Figure A.4 – Algorithms for implementing operations between two membership functions	67
Figure A.5 – Structure and functional elements of fuzzy control	69
Figure A.6 – The principle of fuzzification (as an example)	69
Figure A.7 – Representation of the knowledge base in linguistic form	71
Figure A.8 – Matrix representation of two variables	71
Figure A.9 – Elements of inference	73
Figure A.10a – An example showing the principles of aggregation	75
Figure A.10b – The principles of activation (as an example)	75
Figure A.10c – The principles of accumulation (as an example)	77
Figure A.11a – Methods of defuzzification	77
Figure A.11b – Difference between Left Most Maximum and Right Most Maximum	79
Figure A.11c – Difference between Centre of Area and Centre of Gravity	79
Figure A.11d – Methods of defuzzification	81
Figure A.12 – Examples of fuzzy control characteristic curves	83
Figure A.13a – Fuzzy-based controller: Fundamental structure	83
Figure A.13b – Example of a Fuzzy-based controller	83
Figure B.1 – Example of a pre-control	85
Figure B.2 – Example of a parameter adaptation	87
Figure B.3 – Example of a direct fuzzy control	87
Figure C.1 – Industrial example – Container crane	89
Figure C.2 – Linguistic variable "Distance" between crane head and target position	91
Figure C.3 – Linguistic variable "Angle" of the container to the crane head	91
Figure C.4 – Linguistic variable "Power"	91
Figure C.5 – Rule base	93
Figure C.6 – Fuzzification of the linguistic variable "distance"	93
Figure C.7 – Fuzzification of the linguistic variable "angle"	95
Figure C.8 – Subset of three rules	95
Figure C.9 – Elements of aggregation	95
Figure C.10 – Principles of aggregation	97
Figure C.11 – Elements of activation	97
Figure C.12 – Principles of activation	99
Figure C.13 – Elements of accumulation	99
Figure C.14 – Principles of accumulation	101
Figure C.15 – Defuzzification	103
Figure C.16 – Example in SCL	105
Figure D.1 – Principle of the controlled system	109
Figure D.2 – Principle of the fuzzy based control of the oven	109
Figure D.3 – Rule block	109
Figure D.4 – Example in FCL	111

	Pages
Tableau 1 – Méthodes de défuzzification.....	30
Tableau 2 – Formules des différentes méthodes de défuzzification	32
Tableau 3 – Algorithmes appariés.....	34
Tableau 4 – Méthodes d'activation	34
Tableau 5 – Méthodes d'accumulation	36
Tableau 6 – Priorité des opérateurs	36
Tableau 7 – Mots-clés réservés pour le FCL	48
Tableau 8 – Eléments de langage de contrôle flou FCL Niveau Base (obligatoires).....	52
Tableau 9 – Eléments de langage de contrôle flou FCL Niveau Extension (facultatifs)	54
Tableau 10 – Exemple de liste d'éléments de langage Niveau Ouvert.....	54
Tableau 11 – Liste de contrôle de données	56
Tableau A.1 – Etapes d'inférence et algorithmes couramment utilisés	74
Tableau C.1 – Etapes d'inférence et opérateurs correspondants	92
Tableau E.1 – Symboles et Abréviations	112
Tableau E.2 – Synonymes	112

This document is a preview generated by EVS

	Page
Table 1 – Defuzzification methods	31
Table 2 – Formulae for defuzzification methods	33
Table 3 – Paired algorithms	35
Table 4 – Activation methods	35
Table 5 – Accumulation methods	37
Table 6 – Priority of operators	37
Table 7 – Reserved keywords for FCL	49
Table 8 – FCL Basic Level language elements (mandatory).....	53
Table 9 – FCL Extension Level language elements (optional)	55
Table 10 – Examples of a list with Open Level language elements	55
Table 11 – Data check list	57
Table A.1 – Inference steps and commonly used algorithms.....	75
Table C.1 – Inference steps and assigned operator.....	93
Table E.1 – Symbols and abbreviations.....	113
Table E.2 – Synonyms	113

This document is a preview generated by EVS

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AUTOMATES PROGRAMMABLES –

Partie 7: Programmation en logique floue

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 61131-7 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/406/FDIS	65B/413/RVD

Le rapport de vote indiqué au 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 3.

Les annexes A à E sont données uniquement à titre d'information.

La CEI 61131 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Automates programmables*:

Partie 1:1992, Informations générales

Partie 2:1992, Spécifications et essais des équipements

Partie 3:1993, Langages de programmation

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PROGRAMMABLE CONTROLLERS –**Part 7: Fuzzy control programming****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61131-7 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/406/FDIS	65B/413/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 3.

Annexes A to E are for information only.

IEC 61131 consists of the following parts under the general title *Programmable controllers*.

Part 1:1992, General information

Part 2:1992, Equipment requirements and tests

Part 3:1993, Programming languages

Partie 4:1995, Guide pour l'utilisateur

Partie 5: Communication (à publier)

Partie 6: Communications pour automates programmables par le bus de terrain (à l'étude)

Partie 7: Programmation en logique floue

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

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

Part 4:1995, User guidelines

Part 5: Communications (to be published)

Part 6: Programmable controller communications via fieldbus (under study)

Part 7: Fuzzy control programming

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La logique floue appliquée au contrôle est connue sous le nom de «contrôle flou». Le contrôle flou se présente comme une technologie capable d'augmenter les capacités des automatismes de contrôle industriel, et est adaptée aux tâches de niveau de contrôle généralement prises en charge par des automates programmables.

Le contrôle flou se base sur une connaissance pratique représentée par des bases de règles linguistiques, et non par des modèles analytiques (empiriques ou théoriques). Son utilisation est possible lorsqu'un savoir-faire est transcriptible dans sa formalisation. Il permet alors d'exploiter les connaissances acquises sur le terrain pour améliorer les processus et exécuter différentes tâches, comme par exemple

- contrôle (boucle fermée ou ouverte, à une variable ou plusieurs variables, pour systèmes linéaires ou non linéaires),
- réglage en ligne ou hors-ligne de paramètres de systèmes de contrôle,
- classification et reconnaissance des formes,
- prise de décision en temps réel (produit envoyé vers machine A ou B ?),
- aide à l'opérateur humain pour la prise de décision ou le réglage de paramètres,
- détection et diagnostic de défaillances de systèmes.

Un éventail d'applications très variées et une approche naturelle inspirée de l'expérience humaine ont fait du contrôle flou un outil essentiel, destiné à devenir un standard accessible à l'ensemble des utilisateurs d'automates programmables.

Il est également possible de combiner le contrôle flou à des méthodes de contrôle classiques, et ce sans difficulté particulière.

L'application du contrôle flou est avantageuse dans les cas où aucun modèle explicite du processus n'est disponible, ou lorsque le modèle analytique est trop difficile à évaluer ou trop compliqué pour être évalué en temps réel.

Le contrôle flou présente également l'avantage d'incorporer l'expérience humaine de manière simple et directe. Par ailleurs, le contrôle flou ne nécessite qu'une modélisation partielle de l'automate: parfois par simple interpolation entre plusieurs modèles localement linéaires ou par adaptation dynamique des paramètres d'un «automate linéaire», le rendant ainsi non linéaire, ou bien sur un automate existant, en agissant sur une fonctionnalité spécifique pour l'améliorer.

Le contrôle flou est un contrôle à valeurs multiples; la proposition de contrôle n'est donc plus limitée aux deux valeurs «vrai» ou «faux». Cette caractéristique du contrôle flou le rend particulièrement utile pour modéliser le savoir-faire empirique et spécifier les actions de contrôle à prendre sur un ensemble donné de valeurs d'entrées.

Sur la théorie existante et les systèmes déjà réalisés en contrôle flou, on observe des écarts importants en matière de terminologie (définitions), de caractéristiques (fonctionnalités) et de mise en œuvre (outils).

Le contrôle flou se retrouve dans des applications simples et modestes tout comme sur des projets hautement sophistiqués et complexes. Pour assurer une grande variété d'applications à la présente partie de la CEI 61131, les caractéristiques d'un système de contrôle flou conforme sont réparties en différentes classes de conformité.

La classe de base définit l'ensemble de caractéristiques minimal que tout système conforme doit avoir. Cette exigence facilite l'échange de programmes de contrôle flou.

INTRODUCTION

The theory of fuzzy logic in the application of control is named fuzzy control. Fuzzy control is emerging as a technology that can enhance the capabilities of industrial automation, and is suitable for control level tasks generally performed in Programmable Controllers (PC).

Fuzzy control is based upon practical application knowledge represented by so-called linguistic rule bases, rather than by analytical (either empirical or theoretical) models. Fuzzy control can be used when there is an expertise that can be expressed in its formalism. That allows to take available knowledge to improve processes and perform a variety of tasks, for instance

- control (closed or open loop, single or multi-variable, for linear or non-linear systems),
- on-line or off-line setting of control systems' parameters,
- classification and pattern recognition,
- real-time decision making (send this product to machine A or B ?),
- helping operators to make decisions or tune parameters,
- detection and diagnosis of faults in systems.

Its wide range of applications and natural approach based on human experience makes fuzzy control a basic tool that should be made available to programmable controller users as a standard.

Fuzzy control can also, in a straightforward way, be combined with classical control methods.

The application of fuzzy control can be of advantage in such cases where there is no explicit process model available, or in which the analytical model is too difficult to evaluate or when the model is too complicated to evaluate in real time.

Another advantageous feature of fuzzy control is that human experience can be incorporated in a straightforward way. Also, it is not necessary to model the whole controller with fuzzy control: sometimes fuzzy control just interpolates between a series of locally linear models, or dynamically adapts the parameters of a "linear controller", thereby rendering it non-linear, or alternatively just "zoom in" onto a certain feature of an existing controller that needs to be improved.

Fuzzy control is a multi-valued control, no longer restricting the values of a control proposition to "true" or "false". This makes fuzzy control particularly useful to model empirical expertise, stating which control actions have to be taken under a given set of inputs.

The existing theory and systems already realized in the area of fuzzy control differ widely in terms of terminology (definitions), features (functionalities) and implementation (tools).

Fuzzy control is used from small and simple applications up to highly sophisticated and complex projects. To cover all kinds of usage in this part of IEC 61131, the features of a compliant fuzzy control system are mapped into defined conformance classes.

The basic class defines a minimum set of features which has to be achieved by all compliant systems. This facilitates the exchange of fuzzy control programs.

Des caractéristiques facultatives de la norme sont définies dans la classe d'extension. Les programmes de contrôle flou qui appliquent ces caractéristiques ne sont entièrement portés qu'entre des systèmes basés sur le même ensemble de caractéristiques; la portabilité n'est que partielle dans les autres cas. La présente Norme n'oblige pas chaque système conforme à présenter toutes les caractéristiques de la classe d'extension, mais elle prévoit la possibilité de portabilité (partielle) et décourage l'utilisation de caractéristiques non standard. Par conséquent, il convient qu'un système conforme n'offre pas de caractéristiques non standard pouvant être correctement réalisées à partir des caractéristiques standard de la classe de base et de la classe d'extension.

Pour éviter que les systèmes eux-mêmes pourvus de caractéristiques hautement sophistiquées ne puissent répondre aux exigences de la présente partie de la CEI 61131 et pour ne pas gêner le progrès des évolutions à venir, cette norme permet également d'intégrer des caractéristiques non standard supplémentaires qui ne sont couvertes ni par la classe de base ni par la classe d'extension. Cependant, une présentation standard de ces caractéristiques est nécessaire afin de facilement les identifier comme des caractéristiques non standard.

La portabilité des applications de contrôle flou varie suivant les différents systèmes de programmation, et dépend également des caractéristiques des systèmes de contrôle. Ces dépendances sont couvertes par la liste de contrôle de données qui doit être fournie par le fabricant.

This document is a preview generated by EVS

Optional standard features are defined in the extension class. Fuzzy control programs applying these features can only be fully ported among systems using the same set of features, otherwise a partial exchange may be possible only. This standard does not force all compliant systems to realize all features in the extension class, but it supports the possibility of (partial) portability and the avoidance of the usage of non-standard features. Therefore, a compliant system should not offer non-standard features which can be meaningfully realized by using standard features of the basic class and the extension class.

In order not to exclude systems using their own highly sophisticated features from complying with this part of IEC 61131 and not to hinder the progress of future development, this standard permits also additional non-standard features which are not covered by the basic class and the extension class. However, these features need to be listed in a standard way to ensure that they are easily recognised as non-standard features.

The portability of fuzzy control applications depends on the different programming systems and also the characteristics of the control systems. These dependencies are covered by the data check list to be delivered by the manufacturer.

AUTOMATES PROGRAMMABLES –

Partie 7: Programmation en logique floue

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61131 définit un langage permettant de programmer des applications de contrôle flou pour automates programmables.

L'objet de cette partie de la CEI 61131 est de fournir aux fabricants et aux utilisateurs une définition commune et précise des principales méthodes d'intégration des applications de contrôle flou dans les langages d'automates programmables, selon la CEI 61131-3, et de permettre une portabilité des programmes de contrôle flou entre différents systèmes de programmation.

Dans cette optique, l'annexe A présente une introduction aux théories de contrôle flou, brève mais suffisante pour aider à mieux comprendre la présente partie de la CEI 61131. Les lecteurs de cette partie de la CEI 61131 non familiarisés avec la théorie de contrôle flou sont invités à commencer par l'annexe A.

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 partie de la CEI 61131. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61131 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050-351:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 351: Commande et régulation automatiques*

CEI 61131-3:1993, *Automates programmables – Partie 3: Langages de programmation*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61131, les définitions suivantes s'appliquent.

Des définitions supplémentaires d'éléments de langage sont présentées dans la CEI 61131-3.

NOTE Les termes définis dans cet article sont indiqués en italique lorsqu'ils apparaissent dans le corps des définitions.

3.1

accumulation

combinaison des résultats de *règles linguistiques* dans un résultat final

3.2

agrégation

calcul du degré de vérité de la *condition* d'une règle

combinaison des degrés d'appartenance de toutes les sous-conditions individuelles dans une règle de calcul du degré d'accomplissement de la *condition* d'une règle

PROGRAMMABLE CONTROLLERS –

Part 7: Fuzzy control programming

1 Scope and object

This part of IEC 61131 defines a language for the programming of Fuzzy Control applications used by programmable controllers.

The object of this part of IEC 61131 is to offer the manufacturers and the users a well-defined common understanding of the basic means to integrate fuzzy control applications in the Programmable Controller languages according to IEC 61131-3, as well as the possibility to exchange portable fuzzy control programs among different programming systems.

To achieve this, annex A gives a short introduction to the theory of fuzzy control and fuzzy logic as far as it is necessary for the understanding of this part of IEC 61131. It may be helpful for readers of this part of IEC 61131 who are not familiar with fuzzy control theory to read annex A first.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61131. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61131 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050-351:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 351: Automatic control*

IEC 61131-3:1993, *Programmable controllers – Part 3: Programming languages*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61131, the following definitions apply.

Further definitions for language elements are given in IEC 61131-3.

NOTE Terms defined in this clause are italicized where they appear in the text of definitions.

3.1

accumulation

result aggregation

combination of results of *linguistic rules* in a final result

3.2

aggregation

determination of degree of firing

combination of membership degrees of all individual subconditions in a rule to calculation of the degree of accomplishment of the *condition* of a rule