

NEMA IA 2.7-2005 (R2021)

PROGRAMMABLE
CONTROLLERS—

PART 7:

FUZZY CONTROL
PROGRAMMING

< This page is intentionally left blank. >

NEMA Standards Publication IA 2.7-2005 (R2021)

(Adoption of IEC Publication 61131-7)

*Programmable Controllers—
Part 7: Fuzzy Control Programming*

Published by:

National Electrical Manufacturers Association

1300 North 17th Street, Suite 900

Rosslyn, Virginia 22209

www.nema.org

© 2022 National Electrical Manufacturers Association. All rights including translation into other languages, reserved under the Universal Copyright Convention, the Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works, and the International and Pan American Copyright Conventions.

© 2022 National Electrical Manufacturers Association

NOTICE AND DISCLAIMER

The information in this publication was considered technically sound by the consensus of persons engaged in the development and approval of the document at the time it was developed. Consensus does not necessarily mean that there is unanimous agreement among every person participating in the development of this document.

The National Electrical Manufacturers Association (NEMA) standards and guideline publications, of which the document contained herein is one, are developed through a voluntary consensus standards development process. This process brings together volunteers and/or seeks out the views of persons who have an interest in the topic covered by this publication. While NEMA administers the process and establishes rules to promote fairness in the development of consensus, it does not write the document and it does not independently test, evaluate, or verify the accuracy or completeness of any information or the soundness of any judgments contained in its standards and guideline publications.

NEMA disclaims liability for any personal injury, property, or other damages of any nature whatsoever, whether special, indirect, consequential, or compensatory, directly or indirectly resulting from the publication, use of, application, or reliance on this document. NEMA disclaims and makes no guaranty or warranty, express or implied, as to the accuracy or completeness of any information published herein, and disclaims and makes no warranty that the information in this document will fulfill any of your particular purposes or needs. NEMA does not undertake to guarantee the performance of any individual manufacturer or seller's products or services by virtue of this standard or guide.

In publishing and making this document available, NEMA is not undertaking to render professional or other services for or on behalf of any person or entity, nor is NEMA undertaking to perform any duty owed by any person or entity to someone else. Anyone using this document should rely on his or her own independent judgment or, as appropriate, seek the advice of a competent professional in determining the exercise of reasonable care in any given circumstances. Information and other standards on the topic covered by this publication may be available from other sources, which the user may wish to consult for additional views or information not covered by this publication.

NEMA has no power, nor does it undertake to police or enforce compliance with the contents of this document. NEMA does not certify, test, or inspect products, designs, or installations for safety or health purposes. Any certification or other statement of compliance with any health or safety-related information in this document shall not be attributable to NEMA and is solely the responsibility of the certifier or maker of the statement.

Contents

| | Page |
|----------------------------|-------------|
| Foreword..... | ii |
| Referenced Standards | iv |
| Amendments | v |
| IEC 61131-7 | 1 |

Foreword

This Standards Publication is a NEMA Adoptive Standard based on Part 7 of IEC 61131, *Programmable Controllers*.

This Standards Publication was prepared by a technical committee of the NEMA Automation Products and Systems Section. It was approved in accordance with the bylaws of NEMA and supersedes NEMA Standards Publication ICS 3-1988, Part 3-304.

This Standards Publication provides practical information concerning ratings, construction, test, performance, and manufacture of industrial control equipment. These standards are used by the electrical industry to provide guidelines for the manufacture and proper application of reliable products and equipment and to promote the benefits of repetitive manufacturing and widespread product availability.

NEMA Standards represent the result of many years of research, investigation, and experience by the members of NEMA, its predecessors, its Sections and Committees. They have been developed through continuing consultation among manufacturers, users, and national engineering societies and have resulted in improved serviceability of electrical products with economies to manufacturers and users.

One of the primary purposes of this Standards Publication is to encourage the production of reliable control equipment which, in itself, functions in accordance with these accepted standards. Some portions of these standards, such as electrical spacings and interrupting ratings, have a direct bearing on safety; almost all of the items in this publication, when applied properly, contribute to safety in one way or another.

Properly constructed industrial control equipment is, however, only one factor in minimizing the hazards which may be associated with the use of electricity. The reduction of hazard involves the joint efforts of the various equipment manufacturers, the system designer, the installer, and the user. Information is provided herein to assist users and others in the proper selection of control equipment.

The industrial control manufacturer has limited or no control over the following factors which are vital to safe installation:

- a. environmental conditions
- b. system design
- c. equipment selection and application
- d. installation
- e. operating practices
- f. maintenance

This publication is not intended to instruct the user of control equipment with regard to these factors except insofar as suitable equipment to meet needs can be recognized in this publication and some application guidance is given.

This Standards Publication is necessarily confined to defining the construction requirements for industrial control equipment and to providing recommendations for proper selection for use under normal or certain specific conditions. Since any piece of industrial control equipment can be installed, operated, and maintained in such a manner that hazardous conditions may result, conformance with this publication does not by itself assure a safe installation. When, however, equipment conforming with these standards is properly selected and is installed in accordance with the National Electrical Code and properly maintained, the hazards to persons and property will be reduced.

To continue to serve the best interests of users, NEMA is actively cooperating with other standardization organizations in the development of simple and more universal metrology practices. In this Standards Publication, the U.S. customary units are gradually being supplemented by those of the modernized metric system known as the International Systems of Units (SI). This transition involves no changes in standard dimensions, tolerances, or performance specifications.

NEMA Standards Publications are subject to periodic review. They are revised frequently to reflect user input and to meet changing conditions and technical progress. Users should secure the latest editions.

Inquiries, comments, and proposed or recommended revisions should be submitted to the concerned NEMA product subdivision by contacting the:

NEMA Technical Operations Department
National Electrical Manufacturers Association
1300 N. 17th Street, Suite 900
Rosslyn, VA 22209

Referenced Standards

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this NEMA Standards Publication. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below.

International Electrotechnical Commission

1, rue de Varembé
Geneva, Switzerland

IEC 61131-7

Programmable Controllers—Part 7: Fuzzy Control Programming

Amendments

IEC 61131-7, *Programmable Controllers—Part 7: Fuzzy Control Programming*, is adopted in its entirety.
NEMA Adoptive Standard

Where a conflict exists between the provisions of IA 2.7 and other NEMA Standards Publications, the provisions of IA 2.7 shall govern in the area of programmable controllers and their associated peripherals.

< This page is intentionally left blank. >

**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 Electro-technique 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
PRICE CODE

XA

*For price, 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 |

| | 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 |

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.

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.

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.