IEC 61757-4-3

Edition 1.0 2020-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Fibre optic sensors – Part 4-3: Electric current measurement – Polarimetric method

Capteurs fibroniques – Partie 4-3: Mesure du courant électrique – Méthode polarimétrique

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 33.180.99

ISBN 978-2-8322-8729-3

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

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 8
4 Components of optical current sensor using polarimetric method 10
4.1 General descriptions 10
4.2 Classification of Faraday elements 11
5 Characteristic test 12
5.1 General information 12
5.2 Output power of light source 12
5.3 Input power of light detector 13
5.4 I/O characteristics 13
5.4.1 General 13
5.4.2 Test method 14
5.4.3 Test procedure 16
5.4.4 Evaluation 18
5.5 Warm-up time 19
5.5.1 General 19
5.5.2 Test method 19
5.5.3 Evaluation 19
5.6 Current conditions for obtaining each parameter 19
5.7 Input parameter dependency 20
5.7.1 Frequency characteristic 20
5.7.2 Transient characteristic 20
5.8 External environment dependency 22
5.8.1 Steady state temperature characteristic test 22
5.8.2 Transient temperature characteristic test 25
5.8.3 External magnetic field test 27
5.8.4 Conductor position test 28
5.8.5 Vibration test 29
Annex A (informative) Principle of optical current sensor 30
A.1 Outline 30
A.2 Faraday effect 30
A.3 Types of Faraday element 31
A.4 Conversion of the Faraday effect into an electric signal 31
A.4.1 Detection of the Faraday effect of nonmagnetic material 31
A.4.2 Detection of the Faraday effect of ferromagnetic material 31
A.5 Current detection method 32
A.5.1 General 32
A.5.2 Examples of current detection method 32
Annex B (informative) Features of optical current sensor technology 35
Annex C (informative) Design considerations 36
C.1 General information 36
C.2 Performance restricting factors 36
C.3 Procedure for determining the specifications of the equipment 37

Annex D (informative) Optical current sensor output in the application of other phase magnetic fields 39
D.1 Ampere's circulation integral law 39
D.2 Influence of other phase magnetic fields 39
Annex E (informative) Measurement parameter performance table 41
E.1 General 41
E.2 Output power of light source 41
E.3 Input power of light detector 41
E.4 I/O characteristics 41
E.5 Frequency characteristics 42
E.6 Transient characteristics 43
E.7 Steady state temperature characteristics 43
E.8 Transient temperature characteristics 44
E.9 External magnetic field 45
E.10 Conductor positions 46
E.11 Vibration 47
Bibliography 48

Figure 1 – Measurement system using optical current sensor 10
Figure 2 – Construction of optical current sensor 11
Figure 3 – Classification of Faraday elements 12
Figure 4 – Example of an optical power monitor 13
Figure 5 – Example of the amplifying circuit of a light detector 13
Figure 6 – I/O characteristics of an optical current sensor 14
Figure 7 – Measurement system of waveform comparison method 15
Figure 8 – Measurement system of AC bridge method 16
Figure 9 – Transient characteristics of AC dedicated system 21
Figure 10 – Transient characteristics of DC/AC system 22
Figure 11 – Configuration example of steady state temperature characteristic test and transient temperature characteristic test of sensor part 24
Figure 12 – Example of temperature profile 24
Figure 13 – Birefringence change during temperature change 25
Figure 14 – Example of temperature programme 27
Figure 15 – Position of the outer conductor in the external magnetic field test when the Faraday element is an optical fibre 28
Figure 16 – Position of the conductor in the conductor position test when the Faraday element is an optical fibre 29
Figure A.1 – Faraday effect 30
Figure A.2 – Configuration of current detection method using Faraday effect 32
Figure A.3 – Basic configuration of intensity modulation type optical current sensor 33
Figure A.4 – Configuration example of intensity modulation type reflective optical current sensor 33
Figure A.5 – Configuration example of interference type optical current sensor 34
Figure D.1 – The law of Ampere's circulation integral 39
Figure D.2 – Image diagram of incomplete closed loop 40
Figure E.1 – Example of the transient characteristic 43

Figure E.2 – Example of the temperature characteristics at current 0 43
Figure E.3 – Example of the temperature characteristics at rated current 44
Figure E.4 – Example of the transient temperature characteristics at input current 0 44
Figure E.5 – Example of the transient temperature characteristics at rated current 45
Figure E.6 – Positions of the outer conductor 46
Figure E.7 – Positions of the conductor in the conductor positions test 46
Figure E.8 – Example of the vibration test at current 0 47
Figure E.9 – Example of the vibration test at rated current 47

Table 1 – List of parameters to be obtained 12
Table 2 – Test method 15
Table 3 – Current conditions for obtaining each parameter 19
Table E.1 – Output power of light source 41
Table E.2 – Input power of light detector 41
Table E.3 – I/O characteristics 41
Table E.4 – Frequency characteristics 42
Table E.5 – External magnetic field 45
Table E.6 – Conductor position 46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 4-3: Electric current measurement – Polarimetric method

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61757-4-3 has been prepared by subcommittee SC 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee TC 86: Fibre optics.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
86C/1578/CDV	86C/1611/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 61757 series, published under the general title *Fibre optic sensors*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

Current measuring techniques are essential for controlling and diagnosing apparatus that support industry and society. As current measuring devices, optical current sensors based on magneto-optic effect have been developed. As these sensors enable advanced current measurement free from the issues related to conventional current sensors based on electromagnetic induction, they have been applied in various fields including power systems.

Given the expectations for the potential of this sensing technology, various kinds of optical current sensors for various applications have been proposed by manufacturers. With this background, there are many kinds (target current for measurement, configuration of sensor, signal processing method, installation method) of optical current sensors for various applications. When developing a new optical current sensor, the evaluation and design of performance and characteristics are carried out in each case.

For promoting the dissemination of optical current sensors, it is important to define the terms representing performance and functionality of the optical current sensor, which is manufactured on the basis of sensing technology. It is also important to make clear how to evaluate such terms. This makes it possible to design the sensor efficiently and properly and to transfer the sensor smoothly from a supplier to a user by settling these issues. Under these circumstances, a set of methods is summarized in this document for evaluating the performance and characteristics of optical current sensors. As the required performance for a sensor depends on its application, the performance is not defined quantitatively in this document. However, with the help of this document, the quantitative measures of sensor performance will be defined in designing the sensor itself in anticipation of its practical application.

This document is based on standard OITDA FS 01 published by the Optoelectronics Industry and Technology Development Association (OITDA).

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 4-3: Electric current measurement – Polarimetric method

1 Scope

This part of IEC 61757 defines terminology, structure, and a characteristic test method of an optical current sensor using the polarimetric method. It addresses the current sensing element only and not the additional devices that are unique to each application. Generic specifications for fibre optic sensors are defined in IEC 61757.

As the specifications of optical polarimetric fibre current sensors required by each user vary depending on the application, this document does not define the required performance values. The required performance values are defined when designing a sensor according to the specific application.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61757, *Fibre optic sensors – Generic specification*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 53
INTRODUCTION 55
1 Domaine d'application 56
2 Références normatives 56
3 Termes et définitions 56
4 Composants d'un capteur de courant optique utilisant la méthode polarimétrique 58
4.1 Généralités 58
4.2 Classification des éléments Faraday 59
5 Essai de mesure des caractéristiques 60
5.1 Informations générales 60
5.2 Puissance de sortie de la source lumineuse 61
5.3 Puissance d'entrée du détecteur de lumière 61
5.4 Caractéristiques d'E/S 62
5.4.1 Généralités 62
5.4.2 Méthode d'essai 63
5.4.3 Procédure d'essai 65
5.4.4 Evaluation 66
5.5 Durée de préchauffage 67
5.5.1 Généralités 67
5.5.2 Méthode d'essai 67
5.5.3 Evaluation 67
5.6 Courants à appliquer pour obtenir chaque paramètre 68
5.7 Dépendance aux paramètres d'entrée 68
5.7.1 Caractéristique de fréquence 68
5.7.2 Caractéristique en régime transitoire 69
5.8 Dépendance à l'environnement extérieur 71
5.8.1 Essai de mesure des caractéristiques thermiques en régime établi 71
5.8.2 Essai de mesure des caractéristiques thermiques en régime transitoire 74
5.8.3 Essai de champ magnétique externe 76
5.8.4 Essai de position du conducteur 77
5.8.5 Essai de vibrations 78
Annexe A (informative) Principe du capteur de courant optique 80
A.1 Préambule 80
A.2 Effet Faraday 80
A.3 Types d'éléments Faraday 81
A.4 Conversion de l'effet Faraday en signal électrique 81
A.4.1 Détection de l'effet Faraday d'un matériau amagnétique 81
A.4.2 Détection de l'effet Faraday d'un matériau ferromagnétique 81
A.5 Méthode de détection du courant 82
A.5.1 Généralités 82
A.5.2 Exemples de méthode de détection du courant 82
Annexe B (informative) Caractéristiques de la technologie des capteurs de courant optiques 85
Annexe C (informative) Facteurs à considérer pour la conception 87
C.1 Informations générales 87
C.2 Facteurs limitatifs de performances 87

C.3 Procédure pour déterminer les spécifications du matériel 88
Annexe D (informative) Sortie du capteur de courant optique dans l'application de champs magnétiques à phase différente 90
D.1 Loi de l'intégrale de circulation d'Ampère 90
D.2 Influence des champs magnétiques à phase différente 90
Annexe E (informative) Tableaux de paramètres de mesure de performance 92
E.1 Généralités 92
E.2 Puissance de sortie de la source lumineuse 92
E.3 Puissance d'entrée du détecteur de lumière 92
E.4 Caractéristiques d'E/S 92
E.5 Caractéristiques de fréquence 93
E.6 Caractéristiques en régime transitoire 94
E.7 Caractéristiques thermiques en régime établi 94
E.8 Caractéristiques thermiques en régime transitoire 95
E.9 Champ magnétique externe 96
E.10 Positions du conducteur 97
E.11 Vibrations 98
Bibliographie 99

Figure 1 – Système de mesure utilisant un capteur de courant optique 58
Figure 2 – Construction d'un capteur de courant optique 59
Figure 3 – Classification des éléments Faraday 60
Figure 4 – Exemple d'un contrôleur de puissance optique 61
Figure 5 – Exemple de circuit amplificateur d'un détecteur de lumière 61
Figure 6 – Caractéristiques d'E/S d'un capteur de courant optique 62
Figure 7 – Système de mesure de la méthode de comparaison des formes d'onde 64
Figure 8 – Système de mesure de la méthode du pont à courant alternatif 64
Figure 9 – Caractéristiques en régime transitoire du système à courant alternatif 70
Figure 10 – Caractéristiques en régime transitoire du système à courant continu/alternatif 71
Figure 11 – Exemple de configuration d'un essai de mesure de caractéristiques thermiques en régimes établi et transitoire de la partie de détection 73
Figure 12 – Exemple de profil de température 73
Figure 13 – Variation de la biréfringence pendant une variation de température 74
Figure 14 – Exemple de programme de température 76
Figure 15 – Position du conducteur extérieur dans l'essai de champ magnétique externe, lorsque l'élément Faraday est une fibre optique 77
Figure 16 – Position du conducteur dans l'essai de position du conducteur, lorsque l'élément Faraday est une fibre optique 78
Figure A.1 – Effet Faraday 80
Figure A.2 – Configuration de la méthode de détection du courant par effet Faraday 82
Figure A.3 – Configuration de base du capteur de courant optique à modulation d'intensité 83
Figure A.4 – Exemple de configuration du capteur de courant optique réfléchissant à modulation d'intensité 83
Figure A.5 – Exemple de configuration du capteur de courant optique de type interférométrique 84

Figure D.1 – Loi de l'intégrale de circulation d'Ampère 90
Figure D.2 – Représentation schématique d'une boucle fermée incomplète 91
Figure E.1 – Exemple de caractéristique en régime transitoire 94
Figure E.2 – Exemple de caractéristiques thermiques à courant nul 94
Figure E.3 – Exemple de caractéristiques thermiques au courant assigné 95
Figure E.4 – Exemple de caractéristiques thermiques en régime transitoire à courant d'entrée nul 95
Figure E.5 – Exemple de caractéristiques thermiques en régime transitoire au courant assigné 96
Figure E.6 – Positions du conducteur extérieur 97
Figure E.7 – Positions du conducteur dans l'essai des positions du conducteur 97
Figure E.8 – Exemple de l'essai de vibrations à courant nul 98
Figure E.9 – Exemple de l'essai de vibrations au courant assigné 98

Tableau 1 – Liste des paramètres à déterminer 60
Tableau 2 – Méthode d'essai 63
Tableau 3 – Courants à appliquer pour obtenir chaque paramètre 68
Tableau E.1 – Puissance de sortie de la source lumineuse 92
Tableau E.2 – Puissance d'entrée du détecteur de lumière 92
Tableau E.3 – Caractéristiques d'E/S 92
Tableau E.4 – Caractéristiques de fréquence 93
Tableau E.5 – Champ magnétique externe 96
Tableau E.6 – Position du conducteur 97

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

CAPTEURS FIBRONIQUES –

Partie 4-3: Mesure du courant électrique – Méthode polarimétrique

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61757-4-3 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études TC 86: Fibres optiques.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
86C/1578/CDV	86C/1611/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61757, publiées sous le titre général *Capteurs fibroniques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

INTRODUCTION

Les techniques de mesure de courant sont essentielles pour contrôler et diagnostiquer les appareillages qui répondent aux besoins de l'industrie et de la société. Des capteurs de courant optiques basés sur l'effet magnéto-optique ont été développés en tant que dispositifs de mesure de courant. Ces capteurs permettant une mesure avancée du courant sans les problèmes liés aux traditionnels capteurs de courant basés sur l'induction électromagnétique, ils ont été utilisés dans différents domaines, y compris les systèmes d'alimentation.

Compte tenu des attentes sur le potentiel de cette technologie de détection, les fabricants ont proposé divers types de capteurs de courant optiques pour différentes applications. Dans ce contexte, il existe de nombreux types (courant ciblé pour la mesure, configuration de capteur, méthode de traitement du signal, méthode d'installation) de capteurs de courant optiques pour diverses applications. Lors de la mise au point d'un nouveau capteur de courant optique, une évaluation et une étude des performances et des caractéristiques sont réalisées dans chaque cas.

Pour favoriser la diffusion des capteurs de courant optiques, il est important de définir les termes représentant les performances et la fonctionnalité du capteur de courant optique qui est fabriqué sur la base de la technologie de détection. Il est tout aussi important de définir clairement la procédure à suivre pour évaluer ces termes. Ceci permet de concevoir le capteur de manière efficace et adaptée, tout en assurant un transfert en douceur du capteur d'un fournisseur à un utilisateur en résolvant ces problèmes. Dans ces conditions, le présent document résume un ensemble de méthodes destinées à évaluer les performances et les caractéristiques des capteurs de courant optiques. Comme les performances exigées d'un capteur dépendent de son application, elles ne sont pas définies quantitativement dans le présent document. En revanche, le présent document permet de définir les mesures quantitatives des performances lors de la conception du capteur lui-même, dans l'attente de son application pratique.

Le présent document est fondé sur la norme OITDA FS 01, publiée par l'association pour le développement de l'industrie et des technologies optoélectroniques (OITDA: Optoelectronics Industry and Technology Development Association).

CAPTEURS FIBRONIQUES –

Partie 4-3: Mesure du courant électrique – Méthode polarimétrique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61757 définit la terminologie, la structure et une méthode d'essai de mesure de caractéristiques d'un capteur de courant optique utilisant la méthode polarimétrique. Elle traite uniquement de l'élément de détection de courant, et non des dispositifs supplémentaires qui sont propres à chaque application. Les spécifications génériques applicables aux capteurs fibroniques sont définies dans l'IEC 61757.

Comme les spécifications des capteurs de courant à fibres optiques polarimétriques exigées par chaque utilisateur varient en fonction de l'application, le présent document ne définit pas les valeurs de performance exigées. Les valeurs de performance exigées sont définies lors de la conception d'un capteur en fonction de l'application spécifique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61757, *Capteurs à fibres optiques – Spécification générique*