IEC 61757-5-1

Edition 1.0 2021-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Fibre optic sensors – Part 5-1: Tilt measurement – Tilt sensors based on fibre Bragg gratings

Capteurs fibroniques – Partie 5-1: Mesure d'inclinaison – Capteurs d'inclinaison basés sur des réseaux de Bragg à fibres

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 33.180.99

ISBN 978-2-8322-9949-4

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 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Symbols 8
5 Structure and characteristics 9
5.1 Fibre Bragg grating (FBG) 9
5.2 FBG tilt sensor configuration 9
5.3 Reference wavelength 11
5.4 Stability behaviour 11
5.4.1 Drift and creep 11
5.4.2 Hysteresis 12
5.5 Test specimen 12
5.6 Indication of the measured values 12
5.7 Zero point related measurement 12
5.8 Non-zero point related measurement 12
5.9 Production set 12
5.10 FBG tilt sensor standard type 13
5.11 FBG tilt sensor series 13
6 Features and characteristics to be measured 13
6.1 Sampling and statistical evaluation 13
6.1.1 Sampling 13
6.1.2 Reporting the measuring result 13
6.1.3 Sample conditioning 14
6.1.4 Ambient test conditions 14
6.1.5 Required type of test for individual characteristics 14
6.2 Bragg wavelength λ_B 14
6.2.1 General 14
6.2.2 Measuring procedure 15
6.2.3 Evaluation 15
6.2.4 Reporting 15
6.3 FBG spectral width 15
6.3.1 Measuring procedure 15
6.3.2 Evaluation 15
6.3.3 Reporting 15
6.4 FBG reflectivity 16
6.4.1 Measuring procedure 16
6.4.2 Evaluation 16
6.4.3 Reporting 16
6.5 Tilt measurement 16
6.5.1 Test set-up 16
6.5.2 Measuring procedure 17
6.5.3 Calibration and evaluation 18
6.6 Gauge factor κ_θ 19
6.7 Temperature and humidity ranges 19

6.7.1 General 19
6.7.2 Measuring procedure 19
6.7.3 Evaluation 20
6.7.4 Reporting 20
7 Features and characteristics to be reported 20
7.1 Construction details 20
7.2 Configuration of the FBG tilt sensor 20
7.3 Temperature and humidity range 20
7.4 Connecting requirement 20
8 Recommendations for use of FBG measuring instruments 20

Figure 1 – Examples for measuring single axis tilt changes 10
Figure 2 – Examples of Bragg wavelength change caused by tilt 10
Figure 3 – Example of tilt sensor using FBG (schematic diagram) 11
Figure 4 – Schematic diagram of tilt measurement system 16
Figure 5 – Example of temperature dependence of the Bragg wavelengths of two FBGs 17
Figure 6 – Example of tilt dependence of the Bragg wavelengths of FBG1 and FBG2 18

Table 1 – Required type of test for individual characteristics 14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 5-1: Tilt measurement – Tilt sensors based on fibre Bragg gratings

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.

IEC 61757-5-1 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee TC86: Fibre optics. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
86C/1699/CDV	86C/1718/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

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 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

The IEC 61757 series is published with the following logic: the sub-parts are numbered as IEC 61757-M-T, where M denotes the measure and T, the technology.

FIBRE OPTIC SENSORS –

Part 5-1: Tilt measurement – Tilt sensors based on fibre Bragg gratings

1 Scope

This part of IEC 61757 defines the terminology, structure, characteristics and their measurement method including the procedures, for an optical tilt sensor based on fibre Bragg gratings (FBGs) as the sensitive element.

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 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (available at www.electropedia.org)

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2X: Tests*

IEC 61300-2 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2X: Tests*

IEC 61754 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic connector interfaces*

IEC 61757, *Fibre optic sensors – Generic specification*

IEC 61757-1-1:2020, *Fibre optic sensors – Part 1-1: Strain measurement – Strain sensors based on fibre Bragg gratings*

IEC 62129-1, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 1: Optical spectrum analyzers*

IEC 62129-2, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 2: Michelson interferometer single wavelength meters*

IEC 62129-3, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 3: Optical frequency meters internally referenced to a frequency comb*

ISO/IEC GUIDE 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 24
INTRODUCTION 26
1 Domaine d'application 27
2 Références normatives 27
3 Termes et définitions 28
4 Symboles 29
5 Structure et caractéristiques 29
5.1 Réseaux de Bragg à fibres (FBG) 29
5.2 Configuration du capteur d'inclinaison à FBG 29
5.3 Longueur d'onde de référence 31
5.4 Comportement de stabilité 31
5.4.1 Dérive et fluage 31
5.4.2 Hystérésis 32
5.5 Spécimen d'essai 32
5.6 Indication des valeurs mesurées 32
5.7 Mesure en référence au point zéro 32
5.8 Mesure sans référence au point zéro 33
5.9 Jeu de production 33
5.10 Type normalisé de capteur d'inclinaison à FBG 33
5.11 Série de capteurs d'inclinaison à FBG 33
6 Caractéristiques à mesurer 33
6.1 Echantillonnage et évaluation statistique 33
6.1.1 Echantillonnage 33
6.1.2 Compte rendu d'un résultat de mesure 34
6.1.3 Conditionnement des échantillons 34
6.1.4 Conditions ambiantes des essais 34
6.1.5 Types d'essais exigés pour les caractéristiques individuelles 34
6.2 Longueur d'onde de Bragg λ_B 35
6.2.1 Généralités 35
6.2.2 Procédure de mesure 35
6.2.3 Evaluation 35
6.2.4 Rapport 36
6.3 Largeur spectrale d'un FBG 36
6.3.1 Procédure de mesure 36
6.3.2 Evaluation 36
6.3.3 Rapport 36
6.4 Réflectivité d'un FBG 36
6.4.1 Procédure de mesure 36
6.4.2 Evaluation 36
6.4.3 Rapport 36
6.5 Mesure de l'inclinaison 37
6.5.1 Montage d'essai 37
6.5.2 Procédure de mesure 37
6.5.3 Etalonnage et évaluation 39
6.6 Facteur de jauge, κ_θ 39
6.7 Plages de températures et d'humidité 40

6.7.1 Généralités 40
6.7.2 Procédure de mesure 40
6.7.3 Evaluation 41
6.7.4 Rapport 41
7 Caractéristiques à consigner 41
7.1 Détails de construction 41
7.2 Configuration du capteur d'inclinaison à FBG 41
7.3 Plages de températures et d'humidité 41
7.4 Exigences de connexion 41
8 Recommandations relatives à l'utilisation des appareils de mesure de FBG 41

Figure 1 – Exemples de mesure de variations d'inclinaison sur un seul axe 30
Figure 2 – Exemples de variation de la longueur d'onde de Bragg due à l'inclinaison 30
Figure 3 – Exemple de capteur d'inclinaison utilisant un FBG (représentation schématique) 31
Figure 4 – Représentation schématique du système de mesure d'inclinaison 37
Figure 5 – Exemple de dépendance à la température des longueurs d'onde de Bragg de deux FBG 38
Figure 6 – Exemple de dépendance à l'inclinaison des longueurs d'onde de Bragg de FBG1 et FBG2 38

Tableau 1 – Types d'essais exigés pour les caractéristiques individuelles 35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

CAPTEURS FIBRONIQUES –

Partie 5-1: Mesure d'inclinaison – Capteurs d'inclinaison basés sur des réseaux de Bragg à fibres

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. À 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 du présent document 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.

L'IEC 61757-5-1 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du Comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de la présente Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
86C/1699/CDV	86C/1718/RVc

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

La langue employée pour l'élaboration de la présente Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles à l'adresse www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

INTRODUCTION

La série IEC 61757 est publiée selon la logique suivante: les sous-parties sont numérotées sous la forme IEC 61757-M-T, où M représente la grandeur à mesurer et T la technologie.

CAPTEURS FIBRONIQUES –

Partie 5-1: Mesure d'inclinaison – Capteurs d'inclinaison basés sur des réseaux de Bragg à fibres

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61757 définit la terminologie, la structure, les caractéristiques et la méthode de mesure, incluant les procédures, d'un capteur d'inclinaison optique basé sur des réseaux de Bragg à fibres (FBG, *fibre Bragg gratings*) et utilisé comme élément sensible.

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 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV)* (disponible à l'adresse http://www.electropedia.org)

IEC 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2X: Essais*

IEC 61300-2 (toutes les parties), *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2X: Essais*

IEC 61754 (toutes les parties), *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Interfaces de connecteurs fibroniques*

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

IEC 61757-1-1: 2020, *Capteurs fibroniques – Partie 1-1: Mesure de déformation – Capteurs de déformation basés sur des réseaux de Bragg à fibres*

IEC 62129-1, *Etalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique – Partie 1: Analyseurs de spectre optique*

IEC 62129-2, *Etalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique – Partie 2: Appareils de mesure de longueur d'onde unique à interféromètre de Michelson*

IEC 62129-3, *Etalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique – Partie 3: Fréquencemètres optiques faisant référence en interne à un peigne de fréquence*

ISO/ IEC Guide 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*