IEC 60545

Edition 2.0 2021-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Guidelines for commissioning and operation of hydraulic turbines, pump-turbines and storage pumps

Lignes directrices pour la mise en service et l'exploitation des turbines hydrauliques, des pompes-turbines et des pompes d'accumulation

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 23.100.10

ISBN 978-2-8322-9923-4

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 5
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
3.1 Machine and equipment 7
3.2 Tests, periods, operating modes 9
4 Information on operating conditions 11
4.1 General 11
4.2 Documents, data and instructions 11
4.3 Final stage of erection, before commissioning 13
5 Commissioning 13
5.1 General 13
5.1.1 Overview 13
5.1.2 Commissioning period 14
5.1.3 Operating conditions during commissioning 14
5.1.4 Measurements during commissioning 14
5.1.5 Grid and hydraulic conditions 15
5.1.6 Pre-conditions for commissioning 15
5.1.7 Health and safety during the commissioning 16
5.2 Commissioning co-ordinator and organisation 16
5.3 Pre-start tests 17
5.3.1 General 17
5.3.2 Prior to filling waterways 17
5.3.3 Filling waterways 18
5.3.4 Prior to filling machine 18
5.3.5 Filling machine 19
5.3.6 Using the machine as a pump for initial filling of the penstock 20
5.4 Initial run 20
5.5 Test operation period 21
5.5.1 General 21
5.5.2 No-load tests 21
5.5.3 First synchronizing 23
5.5.4 Load rejection and load run 23
5.5.5 Additional tests for adjustable (variable) speed hydraulic machinery in combination with a double fed generator/motor-generator 27
5.5.6 Operation modes and mode changes 28
5.5.7 Control modes 29
5.5.8 Operation modes with particular functions 29
5.5.9 Field tests for runaway speed 30
5.5.10 Other tests 30
5.6 End of commissioning 30
6 Operation 31
6.1 General 31
6.2 Test service period 31
6.2.1 General 31
6.2.2 Responsibilities 31
6.2.3 Outages and interruptions 31

6.2.4 Observations and records 31
6.2.5 End of test service period 32
6.3 Commercial service 32
6.3.1 Guarantee period 32
6.3.2 Post guarantee period 34
6.3.3 Special operating conditions 34
Annex A (informative) Description of different modes of operation of a reversible pump-turbine 39
A.1 General 39
A.2 From standstill (ready to operate) to standstill (auxiliary systems in operation) (01 and 10) 39
A.3 From standstill (auxiliary systems in operation) to no-load (synchronized) (12) 39
A.4 From no-load (synchronized) to standstill (21) 39
A.5 From no-load to turbine operation (23) 40
A.6 From turbine operation to no-load (synchronized) (32) 40
A.7 From no-load to synchronous condenser operation (turbine direction) (24) 40
A.8 From synchronous condenser operation (turbine direction) to no-load (42) 41
A.9 From synchronous condenser operation (turbine direction) to turbine operation (43:= 42 and 23) 41
A.10 From turbine operation to synchronous condenser operation (turbine direction) (34:= 32 and 24) 41
A.11 From standstill (auxiliary systems in operation) to synchronous condenser operation (turbine direction) 14 or (12 and 24) 41
A.12 From synchronous condenser operation (turbine direction) to standstill (41) 41
A.13 From standstill (auxiliary system in operation) to SCO (pump direction) (15) 42
A.14 From synchronous condenser operation (pump direction) to pump operation (56) 42
A.15 From pump operation to synchronous condenser operation (pump direction) (65) 42
A.16 From synchronous condenser operation (pump direction) to standstill (51) 42
A.17 From operation (pump direction) to standstill (61) 42
A.18 From standstill to pump operation (16) 42
A.19 From turbine – full load to pump operation (36) 43
A.20 From pump operation to turbine full load – quick change over (63) 43
A.21 Hydraulic short circuit 43
Annex B (informative) Tests for adjustable (variable) speed hydraulic machinery in combination with a double fed generator/motor-generator 44
B.1 Operating zone and test condition 44
B.1.1 General 44
B.1.2 Pumping operation 44
B.1.3 Generation operation 44
B.1.4 Test conditions 45
B.2 Test items 45
B.2.1 Step response test by power setter 45
B.2.2 Guide vane opening vs. power characteristic measurement in pump and turbine operation 45
B.2.3 Confirmation of preventive control of the speed deviation from the defined speed range 46
B.2.4 Load (input/output) rejection test 46
Annex C (informative) Commissioning program 47
Bibliography 48

Figure 1 – Commissioning procedure 14
Figure 2 – Example of organisation chart for commissioning 17
Figure 3 – Modes of operation of a reversible pump-turbine 29
Figure B.1 – Pumping operation zone 44
Figure B.2 – Generation operation zone 45

Table C.1 – Example for a commissioning procedure programme 47

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

GUIDELINES FOR COMMISSIONING AND OPERATION OF HYDRAULIC TURBINES, PUMP-TURBINES AND STORAGE PUMPS

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 60545 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1976 and the first edition of IEC 60805 published in 1985. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) the focus is on the commissioning and operation of the hydraulic machine. Interfaces to the electric machine are mentioned only for a better understanding of the context;
b) the definitions of tests for commissioning and adjustable speed are updated to state of the art;
c) the record sheets ‘measurements during erection’ are excluded (see IEC 63132 (all parts);
d) the maintenance is excluded (see IEC 62256).

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

FDIS	Report on voting
4/407/FDIS	4/420/RVD

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.

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.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

GUIDELINES FOR COMMISSIONING AND OPERATION OF HYDRAULIC TURBINES, PUMP-TURBINES AND STORAGE PUMPS

1 Scope

The purpose of this document is to establish, in a general way, suitable procedures for commissioning and operation of hydraulic machines and associated equipment, and to indicate how such machines and equipment should be commissioned and operated.

Commissioning and operation of the associated equipment are not described in detail in this document but is considered in the commissioning and operation procedure as a separate step.

Machines of up to about 15 MW and reference diameters of about 3 m are generally covered by IEC 62006.

It is understood that a guideline of this type will be binding only if the contracting parties have agreed upon it.

The guidelines exclude matters of purely commercial interest, except those inextricably connected with the conduct of commissioning and operation.

The guidelines are not concerned with waterways, gates, drainage pumps, cooling-water equipment, generators, motor-generators, electrical equipment (e.g. circuit breakers, transformers) etc., except where they cannot be separated from the hydraulic machinery and its equipment.

Wherever the guidelines specify that documents, drawings or information are supplied by a supplier (or by suppliers), each individual supplier should furnish the appropriate information for its own supply only.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 53
1 Domaine d'application 55
2 Références normatives 55
3 Termes et définitions 55
3.1 Machines et équipements 56
3.2 Essais, périodes, modes de fonctionnement 57
4 Informations sur les conditions de fonctionnement 59
4.1 Généralités 59
4.2 Documents, données et instructions 60
4.3 Etape finale du montage avant la mise en service 61
5 Mise en service 62
5.1 Généralités 62
5.1.1 Vue d'ensemble 62
5.1.2 Période de mise en service 63
5.1.3 Conditions de fonctionnement lors de la mise en service 63
5.1.4 Mesures lors de la mise en service 63
5.1.5 Réseau et conditions hydrauliques 63
5.1.6 Conditions préalables à la mise en service 63
5.1.7 Santé et sécurité lors de la mise en service 64
5.2 Coordinateur de mise en service et organisation 65
5.3 Contrôle avant démarrage 66
5.3.1 Généralités 66
5.3.2 Avant le remplissage des adductions 66
5.3.3 Remplissage des adductions 66
5.3.4 Avant la mise en eau 67
5.3.5 Mise en eau de la machine 68
5.3.6 Utilisation de la machine comme une pompe pour le premier remplissage de la conduite forcée 69
5.4 Premier tour de roue 69
5.5 Période de régime d'essai 70
5.5.1 Généralités 70
5.5.2 Essais en marche à vide 70
5.5.3 Premier couplage au réseau électrique 72
5.5.4 Déclenchement et marche en charge 73
5.5.5 Essais supplémentaires pour la machinerie hydraulique à vitesse ajustable (variable) combinée à un alternateur/générateur-moteur à double alimentation 77
5.5.6 Modes d'exploitation et changements de mode 78
5.5.7 Modes de régulation 79
5.5.8 Modes d'exploitation avec fonctions particulières 79
5.5.9 Essais d'emballement 80
5.5.10 Autres essais 80
5.6 Fin de la mise en service 81
6 Exploitation 81
6.1 Généralités 81
6.2 Période de marche semi-industrielle 81
6.2.1 Généralités 81

6.2.2 Responsabilités 81
6.2.3 Indisponibilités et interruptions 81
6.2.4 Observations et relevés 82
6.2.5 Fin de la période de marche semi-industrielle 82
6.3 Marche industrielle 83
6.3.1 Période de garantie 83
6.3.2 Période postérieure à la garantie 84
6.3.3 Conditions de fonctionnement particulières 85
Annexe A (informative) Description des divers modes d'exploitation d'une pompe-turbine réversible 90
A.1 Généralités 90
A.2 Du mode arrêt (prêt à démarrer) au mode arrêt (systèmes auxiliaires en marche) (01 et 10) 90
A.3 Du mode arrêt (systèmes auxiliaires en marche) au fonctionnement marche à vide (synchronisé) (12) 90
A.4 Du fonctionnement marche à vide (synchronisé) au mode arrêt (21) 90
A.5 Du fonctionnement marche à vide au fonctionnement en turbine (23) 91
A.6 Du fonctionnement en turbine au fonctionnement marche à vide (synchronisé) (32) 91
A.7 Du fonctionnement marche à vide au mode compensateur synchrone (sens turbinage) (24) 91
A.8 Du fonctionnement en compensateur synchrone (sens turbinage) au fonctionnement marche à vide (42) 92
A.9 Du fonctionnement en compensateur synchrone (sens turbinage) au fonctionnement en turbine (43: = 42 et 23) 92
A.10 Du fonctionnement en turbine au fonctionnement en compensateur synchrone (sens turbinage) (34: = 32 et 24) 92
A.11 Du mode arrêt (systèmes auxiliaires en marche) au fonctionnement en compensateur synchrone (sens turbinage) 14 ou (12 et 24) 92
A.12 Du fonctionnement en compensateur synchrone (sens turbinage) au mode arrêt (41) 92
A.13 Du mode arrêt (systèmes auxiliaires en marche) au fonctionnement en compensateur synchrone (sens pompage) (15) 93
A.14 Du fonctionnement en compensateur synchrone (sens pompage) au fonctionnement en pompe (56) 93
A.15 Du fonctionnement en pompe au fonctionnement en compensateur synchrone (sens pompage) (65) 93
A.16 Du fonctionnement en compensateur synchrone (sens pompage) au mode arrêt (51) 93
A.17 Du fonctionnement (sens pompage) au mode arrêt (61) 93
A.18 Du mode arrêt au fonctionnement en pompe (16) 94
A.19 Du fonctionnement en turbine à pleine charge au fonctionnement en pompe (36) 94
A.20 Du fonctionnement en pompe au fonctionnement en turbine à pleine charge – inversion rapide (63) 94
A.21 Court-circuit hydraulique 94
Annexe B (informative) Essais supplémentaires pour la machinerie hydraulique à vitesse ajustable (variable) combinée à un alternateur/générateur-moteur à double alimentation 95
B.1 Plage de fonctionnement et conditions d'essai 95
B.1.1 Généralités 95
B.1.2 Fonctionnement en pompe 95

B.1.3 Génération de puissance 95
B.1.4 Conditions d'essai 96
B.2 Eléments des essais 96
B.2.1 Essai de la réponse indicielle à l'aide du régulateur de puissance 96
B.2.2 Mesure de l'ouverture des aubes directrices en fonction de la caractéristique de puissance, en mode pompage et turbinage 96
B.2.3 Confirmation du contrôle préventif de l'écart de vitesse par rapport à la plage de vitesses définie 97
B.2.4 Essai de déclenchement (pompage/turbinage) 97
Annexe C (informative) Programme de mise en service 98
Bibliographie 99

Figure 1 – Procédure de mise en service 62
Figure 2 – Exemple d'organisation de mise en service 65
Figure 3 – Modes de fonctionnement d'une pompe-turbine réversible 79
Figure B.1 – Plage de fonctionnement en pompage 95
Figure B.2 – Plage de génération de puissance 96

Tableau C.1 – Exemple de programme de mise en service 98

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

LIGNES DIRECTRICES POUR LA MISE EN SERVICE ET L'EXPLOITATION DES TURBINES HYDRAULIQUES, DES POMPES-TURBINES ET DES POMPES D'ACCUMULATION

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 60545 a été établie par le Comité d'études 4 de l'IEC: Turbines hydrauliques.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition parue en 1976 et la première édition de l'IEC 60805 parue en 1985. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) les aspects traités sont essentiellement la mise en service et l'exploitation de la machine hydraulique. Les interfaces avec la machine électrique ne sont mentionnées que lorsqu'elles permettent une meilleure compréhension du contexte;
b) les définitions des essais pour la mise en service et la vitesse variable ont été actualisées selon l'état de l'art;

c) les feuilles d'enregistrement "mesures pendant le montage" ont été exclues (voir l'IEC 63132 (toutes les parties);

d) la maintenance a été exclue (voir l'IEC 62256).

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

FDIS	Rapport de vote
4/407/FDIS	4/420/RVD

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 cette 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 sous 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.

Le comité a décidé que le contenu du présent 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. A cette date, le document sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture du présent document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

LIGNES DIRECTRICES POUR LA MISE EN SERVICE ET L'EXPLOITATION DES TURBINES HYDRAULIQUES, DES POMPES-TURBINES ET DES POMPES D'ACCUMULATION

1 Domaine d'application

Le présent document a pour objet d'établir, d'une manière générale, des procédures appropriées pour la mise en service et l'exploitation des machines hydrauliques et des équipements associés, et d'indiquer la façon dont il convient de mettre en service et d'exploiter ces machines et équipements.

La mise en service et l'exploitation des équipements connexes ne sont pas décrites en détail dans le présent document, mais sont prises en compte dans la procédure de mise en service et d'exploitation comme une étape distincte.

Les machines d'une puissance pouvant atteindre environ 15 MW et présentant des diamètres de référence d'environ 3 m sont généralement couvertes par l'IEC 62006.

Il est entendu qu'une ligne directrice de ce type n'est contraignante que si un accord a été conclu entre les parties contractantes.

Les lignes directrices excluent les questions d'intérêt purement commercial, sauf celles qui sont étroitement liées à la conduite de la mise en service et de l'exploitation.

Les lignes directrices ne couvrent pas les adductions, les vannes, les pompes de drainage, les équipements de refroidissement à eau, les alternateurs, les générateurs-moteurs, les équipements électriques (par exemple les disjoncteurs, les transformateurs), etc., sauf lorsqu'ils ne peuvent pas être séparés de la machinerie hydraulique et de ses équipements.

Lorsque les lignes directrices précisent que les documents, les plans ou les informations sont mis à disposition par un ou plusieurs fournisseurs, il convient que chaque fournisseur fournisse les informations appropriées, concernant uniquement sa propre production.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.