

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines –
Part 5: Bulb turbines and generators**

**Lignes directrices des procédures et tolérances d'installation des machines
hydroélectriques –
Partie 5: Turbines et alternateurs de type bulbe**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-5:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines –
Part 5: Bulb turbines and generators**

**Lignes directrices des procédures et tolérances d'installation des machines
hydroélectriques –
Partie 5: Turbines et alternateurs de type bulbe**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.140

ISBN 978-2-8322-6742-4

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Installation flowchart.....	6
4.1 Turbine and generator embedded parts.....	6
4.2 Turbine and generator mechanical parts	7
5 Steps.....	9
5.1 Turbine and generator embedded parts.....	9
5.1.1 Step 1: Benchmarks set-up.....	9
5.1.2 Step 2: Powerhouse primary stage concrete with anchor plates and embedded pipes	9
5.1.3 Step 3: Anchor plates, embedded pipes and workspace verification.....	9
5.1.4 Step 4: Handing over to installation	10
5.1.5 Step 5: Draft tube installation.....	10
5.1.6 Step 6: Secondary embedded pipes installation around the draft tube	12
5.1.7 Step 7: Handing over to concreting phase.....	12
5.1.8 Step 8: Draft tube embedment	13
5.1.9 Step 9: Concrete voids testing	13
5.1.10 Step 10: Draft tube grout injection	14
5.1.11 Step 11: Handing over to installation	14
5.1.12 Step 12: Draft tube dimensional inspection after embedment	14
5.1.13 Step 13: Installation of turbine housing	15
5.1.14 Step 14: Installation of pier nose liner.....	17
5.1.15 Step 15: Installation of generator foundation base	17
5.1.16 Step 16: Installation of generator hatch cover frame	18
5.1.17 Step 17: Secondary embedded pipes installation around the turbine housing.....	18
5.1.18 Step 18: Handing over to concreting phase.....	18
5.1.19 Step 19: Embedment of turbine housing, pier nose, generator foundation base plate and hatch cover frame.....	18
5.1.20 Step 20: Handing over to installation	19
5.1.21 Step 21: Corrosion protection for embedded parts	19
5.1.22 Step 22: Turbine and generator embedded parts complete	19
5.1.23 Step 23: Turbine and generator mechanical parts installation	19
5.2 Turbine and generator mechanical parts	20
5.2.1 Step 1: Turbine and generator embedded parts complete	20
5.2.2 Step 2: Handing over to installation	20
5.2.3 Step 3: Dimensional inspection of turbine housing after embedment.....	20
5.2.4 Step 4-1: Distributor assembly.....	20
5.2.5 Step 4: Distributor installation.....	21
5.2.6 Step 5: Lowering and storing of lower half of discharge ring	21
5.2.7 Step 6-1: Pre-assembly of shaft and bearings.....	21
5.2.8 Step 6: Shaft installation.....	21
5.2.9 Step 7: Shaft free	22
5.2.10 Step 8: Combined bearing installation.....	23
5.2.11 Step 9: Guide vane servomotor and counterweight installation	23

5.2.12	Step 10-1: Turbine runner assembly	24
5.2.13	Step 10: Runner installation.....	24
5.2.14	Step 11: Guide vane apparatus final adjustment	25
5.2.15	Step 12: Lowering and storing of bulb nose	26
5.2.16	Step 13-1: Rotor assembly	26
5.2.17	Step 13: Rotor installation	27
5.2.18	Step 14: Discharge ring installation	27
5.2.19	Step 15: Shaft alignment	28
5.2.20	Step 16-1: Stator assembly.....	29
5.2.21	Step 16: Stator installation.....	29
5.2.22	Step 17: Shaft seal installation	30
5.2.23	Step 18: Runner blade operating pipes installation	30
5.2.24	Step 19: Runner oil supply head and extension shaft installation.....	30
5.2.25	Step 20: Runner cone installation	31
5.2.26	Step 21: Bulb nose installation.....	31
5.2.27	Step 22: Generator supports installation	31
5.2.28	Step 23: Access shaft installation and hatch cover closing.....	31
5.2.29	Step 24: Remaining turbine parts installation completion	32
5.2.30	Step 25: Final installation and cabling generator.....	32
5.2.31	Step 26: Generator auxiliary systems installation.....	32
5.2.32	Step 27: Turbine auxiliary systems installation.....	33
5.2.33	Step 28: Cleaning, painting and inspection before initial tests.....	33
5.2.34	Step 29: Turbine and generator mechanical parts complete	33
5.2.35	Step 30: Commissioning	33
	Bibliography.....	34
	Figure 1 – Generic installation flowchart – Bulb turbine and generator embedded parts	7
	Figure 2 – Generic installation flowchart – Bulb turbine and generator mechanical parts.....	8
	Figure 3 – Draft tube liner installation	12
	Figure 4 – Draft tube liner embedment plan	13
	Figure 5 – Radial tilting of turbine housing flange.....	16
	Figure 6 – Turbine housing installation	17
	Figure 7 – Shaft free	23
	Figure 8 – Guide vane apparatus final adjustment	26
	Figure 9 – Discharge ring installation	28
	Table 1 – Draft tube installation tolerances	11
	Table 2 – Turbine housing installation tolerances.....	15
	Table 3 – Shaft free verifications.....	22
	Table 4 – Guide vane apparatus adjustment tolerances	25
	Table 5 – Discharge ring measurement.....	28
	Table 6 – Stator installation measurement	29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDANCE FOR INSTALLATION PROCEDURES AND
TOLERANCES OF HYDROELECTRIC MACHINES –****Part 5: Bulb turbines and generators****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 63132-5 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
4/456/FDIS	4/462/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/publications.

A list of all parts in the IEC 63132 series, published under the general title *Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines*, 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.

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.

GUIDANCE FOR INSTALLATION PROCEDURES AND TOLERANCES OF HYDROELECTRIC MACHINES –

Part 5: Bulb turbines and generators

1 Scope

The purpose of this document is to establish, in a general way, suitable procedures and tolerances for the installation of bulb turbine and generator. This document presents a typical assembly and whenever the words “turbine” and “generator” are used in this part, it refers to bulb turbine and generator. There are many possible ways to assemble a unit. The size of the machine, the design of the machine, the layout of the powerhouse, the sequence of concreting or the delivery schedule of the components are some of the elements that could result in additional steps, or the elimination of some steps and/or assembly sequences.

It is understood that a publication of this type will be binding only if, and to the extent that, both contracting parties have agreed upon it.

The document excludes matters of purely commercial interest, except those inextricably bound up with the conduct of installation. It also excludes specifications of the civil works but this aspect of the work should be taken into consideration during the assembly of the units.

Wherever the document specifies that documents, drawings or information are supplied by a manufacturer (or by manufacturers), each individual manufacturer will furnish the appropriate information for their own supply only.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

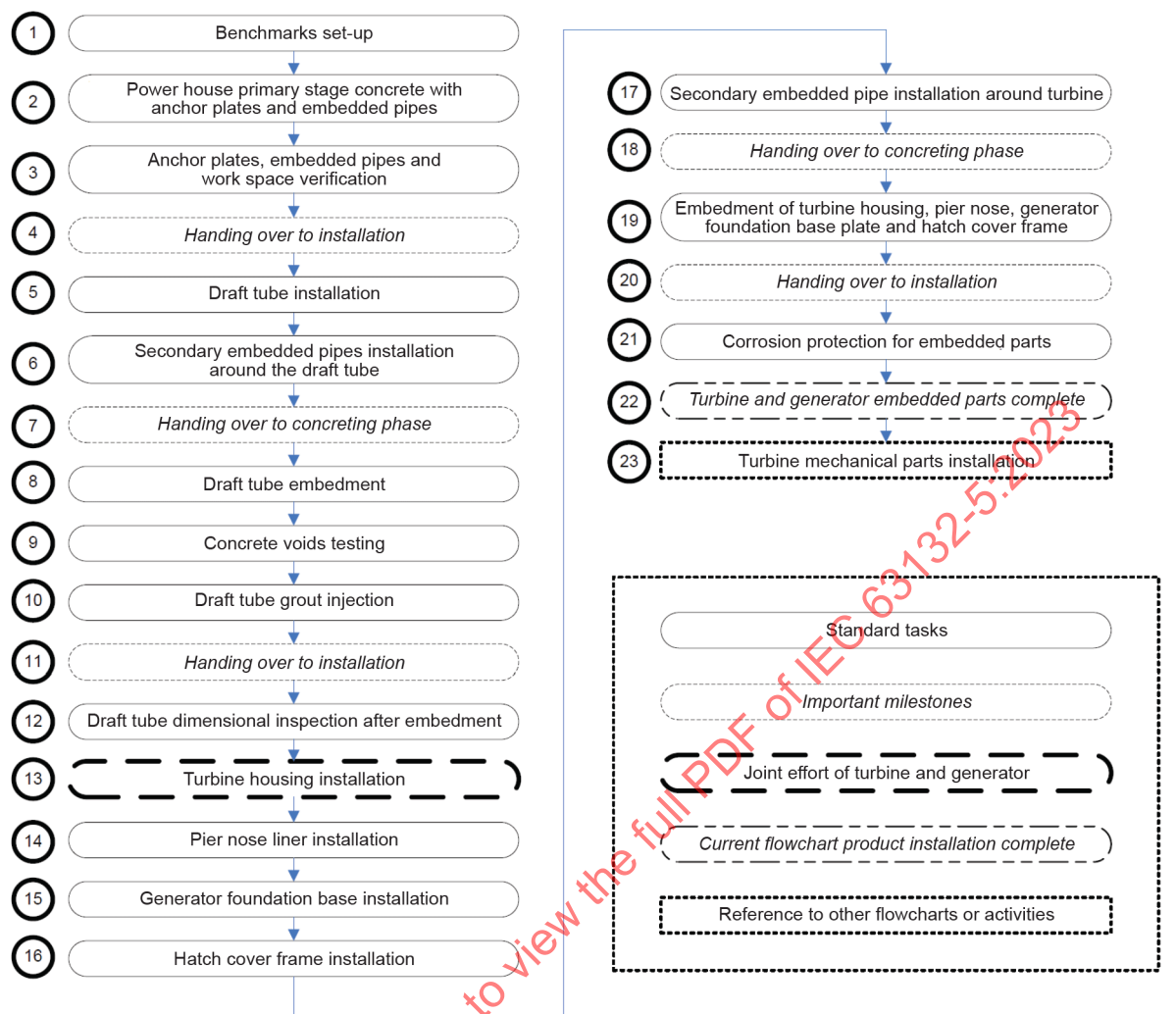
ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

4 Installation flowchart

4.1 Turbine and generator embedded parts

Figure 1 shows a generic installation flowchart for bulb turbine and generator embedded parts.

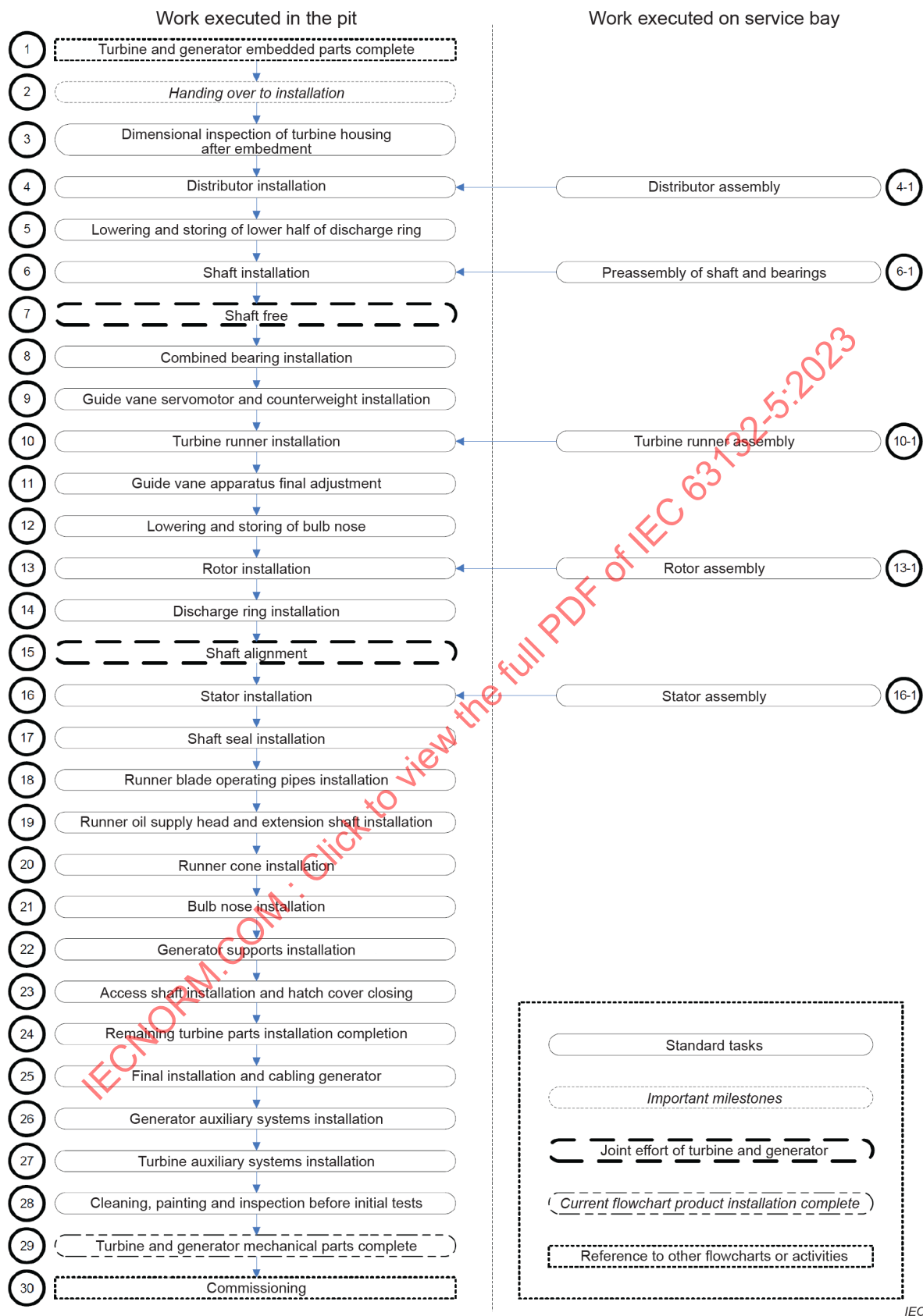


IEC

**Figure 1 – Generic installation flowchart –
Bulb turbine and generator embedded parts**

4.2 Turbine and generator mechanical parts

Figure 2 shows generic installation flowchart for bulb turbine and generator mechanical parts.



IEC

Figure 2 – Generic installation flowchart – Bulb turbine and generator mechanical parts

5 Steps

5.1 Turbine and generator embedded parts

5.1.1 Step 1: Benchmarks set-up

- a) Objective of work in the step
 - Set-up benchmarks to be used for starting proper installation of the turbine and generator.
- b) Explanation of work
 - Sufficient benchmarks should be provided to establish the unit centreline, axis and elevation.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

Depending on the project delivery system (EPC, design build, etc.), the benchmarks or their reference points could be provided by the owner, civil contractor, etc. Whoever provides the benchmarks or reference points is responsible to make sure they are correct.

The benchmark type (x, y, z coordinates, definition of the axis and elevations, etc.) should be agreed to before the beginning of the work.

The turbine supplier should take care to transfer the necessary benchmarks throughout the erection and/or concreting processes so that the benchmarks remain accessible as the unit is assembled.

5.1.2 Step 2: Powerhouse primary stage concrete with anchor plates and embedded pipes

- a) Objective of work in the step
 - Install primary embedded pipes, anchor plates and steel foundations in the correct locations.
- b) Explanation of work
 - Install the primary embedded pipes and supporting systems.
 - Install the foundation components of the draft tube liner, servomotor, stay columns and pier nose.
- c) Recommendations

Different designs require different tolerances; therefore, it is recommended that the turbine supplier should provide the tolerances. It is considered as a best practice to perform:

- Non-destructive tests as applicable (i.e. visual inspections, pressure tests of the piping, test of welding seams).
- Measures to prevent the concrete from entering the pipes or contaminating the machined surfaces of foundations during concreting.

- d) Additional information

The contract should define which party is responsible to install the primary embedded pipes and/or the foundation components of draft tube liner, servomotor, stay columns and pier nose.

5.1.3 Step 3: Anchor plates, embedded pipes and workspace verification

- a) Objective of work in the step
 - Confirm that the foundation components of draft tube liner, servomotor, stay columns and pier nose have been installed in the correct place. Verify that the shape of concreted area is per the design and there is sufficient access to the workplace.

b) Explanation of work

- Ensure that the dimensions of the shape of concreted area match the design.
- Ensure that there will be no interference between the concrete structures, the reinforcing steels, the scaffolding, etc. and the foundation components of draft tube liner, servomotor, stay columns and pier nose.
- Once the workplace is acceptable, the turbine and generator installation work can start.

c) Recommendations

It is recommended to check that the foundation components of the draft tube liner, servomotor, stay columns and pier nose and the primary embedded pipes were installed within the tolerances provided by the turbine and generator supplier.

d) Additional information

N/A

5.1.4 Step 4: Handing over to installation

a) Objective of work in the step

- The work space is transferred to the turbine and generator supplier.

b) Explanation of work

- There is normally an official transfer of the working area from the civil contractor to the turbine and generator supplier. The transfer is typically documented with some type of signed form.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.1.5 Step 5: Draft tube installation

a) Objective of work in the step

- Install the draft tube (see Figure 3).

b) Explanation of work

- Transportation of the draft tube flange and the draft tube liner segments to the foundation and placing them on the foundation plates.
- Tack-welding of the draft tube flange and the draft tube liner segments.
- Inspection of the alignment and principal dimensions of the draft tube flange and the draft tube liner before welding.
- Welding of the draft tube flange and the draft tube liner.
- Inspection of alignment and measurement of principal dimensions of the draft tube flange and the draft tube liner after welding.

c) Recommendations

The items showed in Table 1 should be checked.

Table 1 – Draft tube installation tolerances

Item	Tolerance	Minimum number of measurements	Measurement location
Junction	To be determined by turbine supplier	8	Difference between the outlet end of the draft tube liner and the inlet of the concrete portion of the draft tube.
Elevation	To be determined by turbine supplier	2 for each side (Left and right)	Elevation of inlet and outlet
Flatness	To be determined by turbine supplier	8 when $RD < 4m$ 16 when $RD \geq 4m$	Flatness of inlet flange
Vertical Inclination	To be determined by turbine supplier	2 (Top and bottom)	Vertical inclination of inlet flange
Horizontal Inclination	To be determined by turbine supplier	2 (Left and right)	Horizontal inclination of inlet flange
Orientation	To be determined by turbine supplier	1	Orientation of inlet flange
Concentricity	To be determined by turbine supplier	4 at both inlet flange and outlet end	Concentricity of both inlet flange and outlet end to centre line
Circularity	To be determined by turbine supplier	8 at both inlet flange and outlet end	Circularity of both inlet flange and outlet end
Axial position	To be determined by turbine supplier	1	Axial position of inlet flange to turbine centre line

- Non-destructive tests of the welding seams.
- Proper fixation of the draft tube.

d) Additional information

The sequence for the installation of the draft tube flange and the draft tube liner should be provided by the turbine supplier.

If the downstream concrete portion of the draft tube cannot be completed prior to the installation of the draft tube liner, the outlet position of the draft tube liner cannot be determined by the junction method. Therefore, another method will be required to position the outlet of the draft tube liner. The downstream concrete portion would then be adapted to the draft tube liner outlet.

Adequate supports or bracing are required to prevent the draft tube flange and the draft tube liner from moving or changing shape during placing of the secondary concrete.

The draft tube flange and segments should be checked for any erosion or deformation to be fixed prior to welding/assembly tasks.

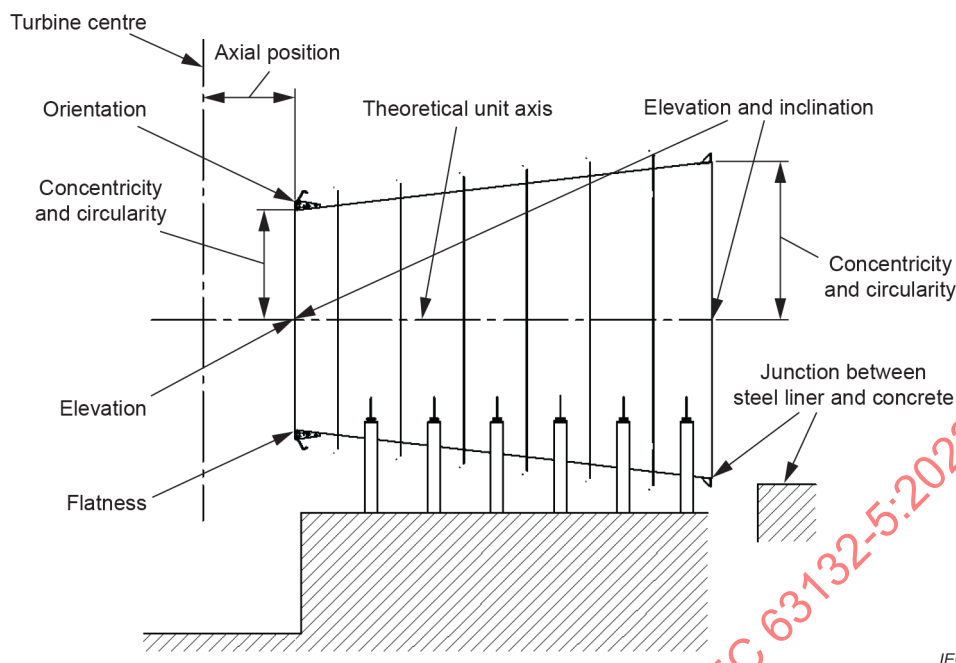


Figure 3 – Draft tube liner installation

5.1.6 Step 6: Secondary embedded pipes installation around the draft tube

a) Objective of work in the step

- Install the secondary embedded pipes.

b) Explanation of work

- Install the embedded pipes in the draft tube pit prior to concreting.

c) Recommendations

The following items should be checked:

- Non-destructive tests performed according to inspection and test plans.
- Dimensional checks of the locations of the pipes.

The following preventive measures should be considered:

- Support the pipes so they cannot move or be damaged during concreting
- Cover/block the pipe openings to prevent concrete from entering the pipes during concreting.

d) Additional information

Secondary embedded pipes should include draft tube dewatering piping, pressure tapping connections for testing or monitoring purposes, etc.

The condition of the piping, especially the small sizes, should be inspected for any deterioration.

5.1.7 Step 7: Handing over to concreting phase

a) Objective of work in the step

- The work space is transferred to the civil contractor.

b) Explanation of work

- The turbine supplier should confirm that the draft tube liner has been installed and aligned properly and is ready for concreting.
- There is normally an official transfer of the working area of the draft tube from the turbine supplier to the civil contractor. The transfer typically is documented with some types of signed form.

c) Recommendations

Refer to Table 1 at step 5 of turbine and generator embedded parts.

d) Additional information

– N/A

5.1.8 Step 8: Draft tube embedment

a) Objective of work in the step

– Embed the draft tube (see Figure 4).

b) Explanation of work

- Install the reinforcements.
- Position of the formwork.
- Pour concrete.

c) Recommendations

The concrete pour rate, pour/step heights and allowable differential levels should be agreed among the concerned parties during the early stages of project development, due to the critical impacts to deformation and misalignment.

d) Additional information

Care should be taken when placing concrete not to damage any of the embedded components or piping.

Figure 4 shows an example of a concreting plan.

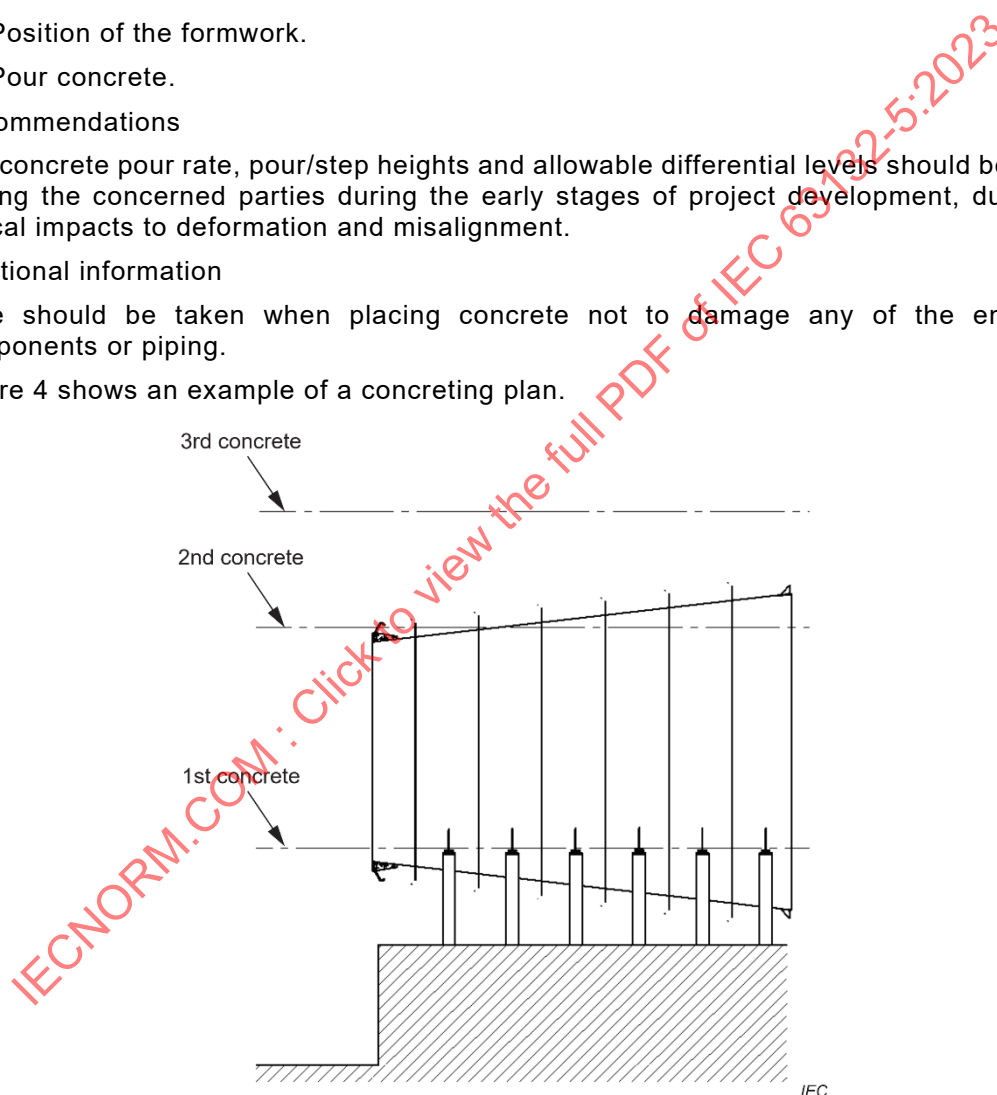


Figure 4 – Draft tube liner embedment plan

5.1.9 Step 9: Concrete voids testing

a) Objective of work in the step

– Determine if there are voids (hollow spaces) between the draft tube liner and the concrete.

b) Explanation of work

– A common method to detect voids is by tapping the inside surface of the draft tube liner with a hammer.

c) Recommendations

While there is no established standard for determining the amount of voids that require grouting, it is recommended that a single area greater than 0,1 m² to 0,2 m², depending on unit size should be grouted. Additionally, a minimum of 80 % of the liner should be firmly in contact with the concrete.

d) Additional information

Areas where there is no contact between the draft tube liner and the concrete will sound in a different tone (resonance) when hit with a hammer.

5.1.10 Step 10: Draft tube grout injection

a) Objective of work in the step

- Fill the voids between the draft tube liner and the concrete with grout.

b) Explanation of work

- Drill holes and fix connections for injecting grouting material.
- Drill air vents.
- Fill voids with grouting material.
- Plug the injection and vent holes when completed.

c) Recommendations

Void detection should be repeated after grout filling to ensure that no wide voids are left.

d) Additional information

The grouting pressure should be determined during the early stages of a project development due to the impacts (on schedule and costs) of the design of the draft tube. Some owners will specify the grouting pressure.

Typical hydrostatic pressure for grouting is 50 kPa.

5.1.11 Step 11: Handing over to installation

a) Objective of work in the step

- The work space is transferred to the turbine supplier.

b) Explanation of work

- There is normally an official transfer of the working area from the civil contractor to the turbine supplier. The transfer is typically documented with some type of signed form.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.1.12 Step 12: Draft tube dimensional inspection after embedment

a) Objective of work in the step

- Determine if the dimensions and positions of the draft tube have changed during concreting.

b) Explanation of work

- Measurements are taken to confirm that the draft tube did not distort or move during placement of the concrete.

c) Recommendations

Refer to Table 1 at step 5 of turbine and generator embedded parts.

d) Additional information

The centre of the draft tube inlet flange will become the reference centre for installing the turbine housing.

The as-set elevation and position of the draft tube might influence the installation of the remainder of the turbine and generator.

5.1.13 Step 13: Installation of turbine housing

a) Objective of work in the step

- Install the turbine housing (see Figure 5 and Figure 6).

b) Explanation of work

- Pre-assembly of the turbine housing components.
- Install, align (centre, inclination, elevation, etc.) and fix the turbine housing and stay columns on the embedded foundation plates.

c) Recommendations

The items showed in Table 2 should be checked.

Table 2 – Turbine housing installation tolerances

Item	Tolerance	Minimum number of measurements	Measurement location
Concentricity of distributor seating faces	To be determined by turbine supplier	8	Seating faces of inner ring and outer ring
Parallelism of distributor seating faces	To be determined by turbine supplier	8	Seating faces of inner ring and outer ring
Flatness of distributor seating faces	To be determined by turbine supplier	8 when $D < 4$ m 16 when $D \geq 4$ m	Seating faces of inner ring and outer ring
Concentricity with draft tube	To be determined by turbine supplier	8	Seating faces of inner ring and draft tube
Orientation	To be determined by turbine supplier	1	Outlet side for distributor seating face
Vertical inclination of turbine housing	To be determined by turbine supplier	2 for each (top and bottom)	Turbine housing at stator flange and seating face of inner ring
Horizontal inclination of turbine housing	To be determined by turbine supplier	2 for each (left and right)	Turbine housing at stator flange and seating face of inner ring
Flatness of stator frame seating face	To be determined by generator supplier	16	Stator frame seating face
Radial tilting of stator frame seating face	To be determined by generator supplier	16 for each diameter	Outside and inside diameter of stator flange
Flatness of bearing support shield seating face	To be determined by combined bearing supplier	8	Bearing support shield seating face
Radial tilting of bearing support shield seating face	To be determined by combined bearing supplier	8 for each diameter	Bearing support shield seating face
Distance	To be determined by turbine supplier	4	Distance between turbine housing to draft tube

- Non-destructive tests of the welding seams.
- Proper fixation of the turbine housing.

d) Additional information

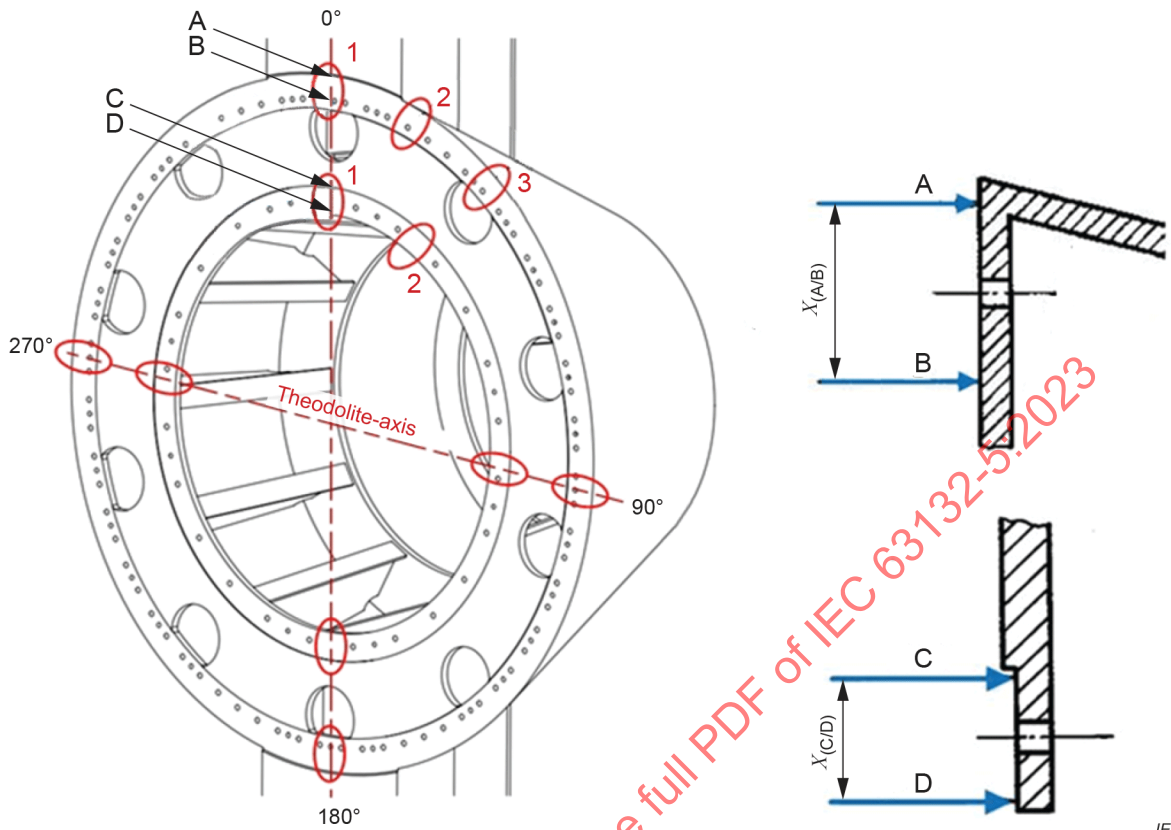


Figure 5 – Radial tilting of turbine housing flange

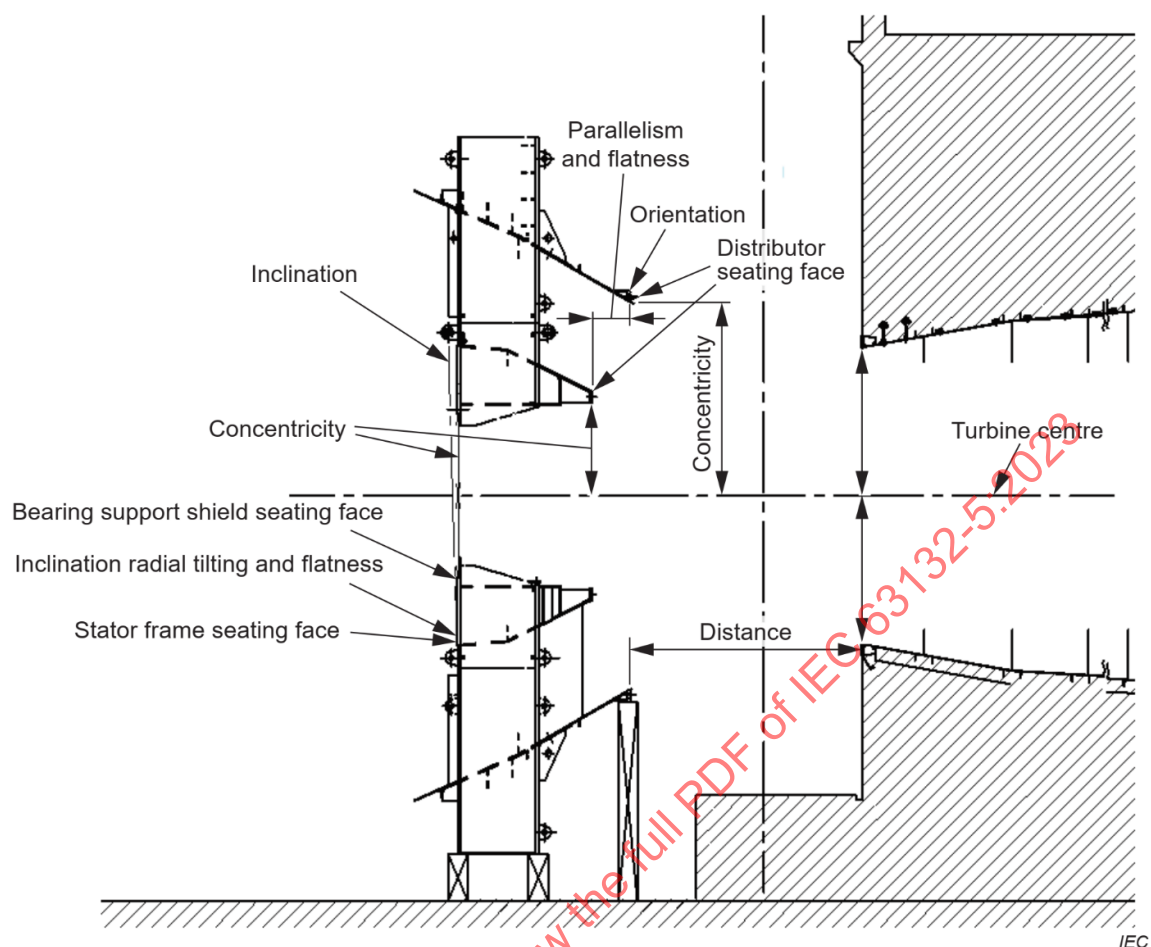


Figure 6 – Turbine housing installation

5.1.14 Step 14: Installation of pier nose liner

- a) Objective of work in the step
 - Install the pier nose liner.
- b) Explanation of work
 - Installation and alignment of the pier nose liner.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

N/A

5.1.15 Step 15: Installation of generator foundation base

- a) Objective of work in the step
 - Install the generator foundation base.
- b) Explanation of work
 - Installation of the generator foundation base.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

N/A

5.1.16 Step 16: Installation of generator hatch cover frame

- a) Objective of work in the step
 - Install the generator hatch cover frame.
- b) Explanation of work
 - Installation of the generator hatch cover frame.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

The generator hatch cover frame should be supported by a temporary structure (formwork for ceiling construction) provided by the civil contractor.

If available, the hatch cover itself can be used for supporting the hatch cover frame during embedment.

5.1.17 Step 17: Secondary embedded pipes installation around the turbine housing

- a) Objective of work in the step
 - Install the embedded pipes.
- b) Explanation of work
 - Installation of the pipes around the turbine housing and generator hatch cover before final concreting.
- c) Recommendations

The following items should be checked:

Non-destructive tests and pressure tests of the pipes and dimensional checks of their locations should be performed according to design requirements.

The following preventive measures should be considered:

 - Support the pipes so they cannot move or be damaged during concreting.
 - Cover/block pipe openings to prevent concrete from entering the pipes during concreting.
- d) Additional information

N/A

5.1.18 Step 18: Handing over to concreting phase

- a) Objective of work in the step
 - The work space is transferred to the civil contractor.
- b) Explanation of work
 - There is normally an official transfer of the working area from the turbine supplier to the civil contractor or owner. The transfer is typically documented with some type of signed form.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional comments

N/A

5.1.19 Step 19: Embedment of turbine housing, pier nose, generator foundation base plate and hatch cover frame

- a) Objective of work in the step
 - Finalize the concrete structure around the turbine/generator.

b) Explanation of work

- Finalization of the concrete structure around the turbine/generator and embedding turbine housing, pier nose, generator foundation base plate and hatch cover frame.

c) Recommendations

The principal dimensions and surface finish of the concreted water passage should be inspected according to the turbine supplier drawings.

The concrete pour rate, pour/step heights and allowable differential levels should be agreed by the concerned parties during the early stages of project development due to the critical impacts to deformation and misalignment.

After installation of reinforcements for concreting, alignments of each component should be rechecked before pouring concrete.

Special care should be taken to avoid interference between the embedded parts and the concrete reinforcement bars.

d) Additional information

The formwork for the ceiling construction shall not be supported by any turbine component to avoid deformations and misalignments. Care should be taken when placing concrete not to damage any of the embedded components or piping.

5.1.20 Step 20: Handing over to installation

a) Objective of work in the step

- The work space is transferred to the turbine supplier/installer.

b) Explanation of work

- There is normally an official transfer of the working area from the civil contractor to the turbine supplier/installer. The transfer is typically documented with some type of signed form.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.1.21 Step 21: Corrosion protection for embedded parts

a) Objective of work in the step

- Protect the water passage side of the embedded parts against corrosion.

b) Explanation of work

- Remove all internal reinforcements
- Prepare the components for corrosion protection.
- Apply the corrosion protection.

c) Recommendations

The corrosion protection specification should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

N/A

5.1.22 Step 22: Turbine and generator embedded parts complete

This step defines the end of the process.

5.1.23 Step 23: Turbine and generator mechanical parts installation

This step identifies the beginning of the next group of activities.

5.2 Turbine and generator mechanical parts

5.2.1 Step 1: Turbine and generator embedded parts complete

This step identifies the end of the previous group of activities.

5.2.2 Step 2: Handing over to installation

- a) Objective of work in the step
 - The work space is transferred to the turbine supplier.
- b) Explanation of work
 - There is normally an official transfer of the working area from the civil contractor to the turbine supplier. The transfer is typically documented with some type of signed form.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

N/A

5.2.3 Step 3: Dimensional inspection of turbine housing after embedment

- a) Objective of work in the step
 - Determine the shape and location of the turbine housing after embedment.
- b) Explanation of work
 - Measure and confirm the position and alignment of the turbine housing after embedment.
- c) Recommendations

The turbine housing dimension should be checked to see if the readings, taken according to Table 2 at step 13 of the embedded parts section, have changed after concreting.
- d) Additional information

In case unacceptable deformations are detected, site grinding, machining of flanges or other correction work could be used.

5.2.4 Step 4-1: Distributor assembly

- a) Objective of work in the step
 - Assembly of distributor segments.
- b) Explanation of work
 - Assembly of distributor segments at an area outside of the turbine pit.
 - Assembly of outer ring with bearing bushings, guide vanes, levers.
 - Assembly of operating ring and links on outer ring.
 - Assembly of inner ring with bearing bushings, guide vane shaft.
 - Assembly of lifting device to fix relative position of outer to inner ring during tilting and lifting process.
- c) Recommendations

Clearance between outer ring, inner ring and guide vanes as well as clearance between guide vanes in closed position should be checked. Final adjustments and measurements should be done in installed position in turbine pit.
- d) Additional information

There are different options for installation sequences depending on design. (Installation of inner ring with shaft from downstream side, installation of inner ring separately, installation of distributor assembly lower and upper half separately, etc.)

5.2.5 Step 4: Distributor installation

- a) Objective of work in the step
 - Installation of distributor.
- b) Explanation of work
 - Tilt and lower distributor into turbine pit.
 - Connect distributor to turbine housing.
 - Align distributor to achieve clearances of guide vanes.
- c) Recommendations

Clearances between the outer ring, inner ring and guide vanes as well as the clearance between guide vanes in the closed position should be checked.

The tolerance requirements and values of the items above should be provided by the turbine supplier.
- d) Additional information

There are different options for the installation sequences depending on design.

5.2.6 Step 5: Lowering and storing of lower half of discharge ring

- a) Objective of work in the step
 - Place lower half of discharge ring temporarily, prior to runner installation.
- b) Explanation of work
 - Lower the lower half of the discharge ring and place on the floor, below the final installation position.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

N/A

5.2.7 Step 6-1: Pre-assembly of shaft and bearings

- a) Objective of work in the step
 - Assemble the shaft and the turbine guide bearing and combined bearing in the service bay prior to shaft installation.
- b) Explanation of work
 - Assemble the turbine guide bearing to the shaft.
 - Assemble the combined bearing to the shaft.
 - Assemble the installation devices to the shaft.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

There are design options that require the turbine guide bearing and the combined bearing installation to be done after shaft installation.

In case the combined bearing is installed separately from the shaft, see step 8.

5.2.8 Step 6: Shaft installation

- a) Objective of work in the step
 - Install the shaft into turbine housing.
- b) Explanation of work
 - Lift the shaft into the turbine housing.
 - Install the turbine bearing to turbine housing on turbine side.

- Install the combined bearing to the turbine housing on generator side.
- Align and centre the shaft.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

There are design options that require the turbine guide bearing and the combined bearing installation to be done after shaft installation.

In case the combined bearing is installed separately from the shaft, see step 8.

5.2.9 Step 7: Shaft free

a) Objective of work in the step

- Establish the shaft free condition (see Figure 7)

b) Explanation of work

- Shaft free is defined as the hand over from the turbine supplier to the generator supplier.

c) Recommendations

The items showed in Table 3 should be checked.

Table 3 – Shaft free verifications

Item	Tolerance	Number of measurements	Measurement location
Shaft concentricity to turbine housing	To be determined by turbine and generator supplier	4 each (every 90° on turbine side and generator side)	For turbine side to be determined by the turbine supplier For generator side supporting surface to bearing shield
Shaft parallelism to turbine housing on generator side	To be determined by generator supplier	To be determined by the generator supplier	Shaft flange to stator flange and, depending on sequence of combined bearing installation, shaft flange to bearing shield flange.
Shaft axial position	To be determined by both turbine and generator suppliers	1 for each side	Shaft flange to discharge flange of outer ring Shaft flange to stator flange of turbine housing

d) Additional information

The load of each component has an impact on the bending line for a horizontal shaft. This should be considered for the alignment. The tolerances are provided by the supplier.

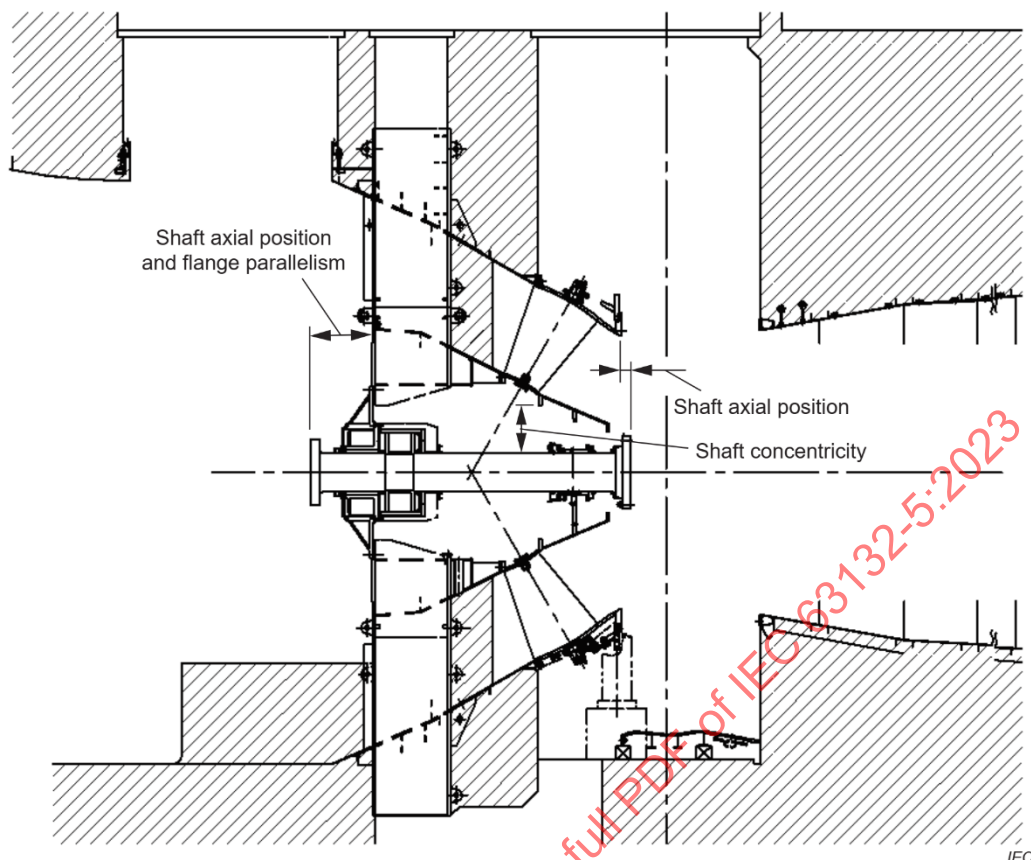


Figure 7 – Shaft free

5.2.10 Step 8: Combined bearing installation

- a) Objective of work in the step
 - Installation of the combined bearing.
- b) Explanation of work
 - Assemble the combined bearing support bracket.
 - Assemble the bearing components.
 - Lowering and supporting the shaft on the bearing.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

In case the combined bearing is installed with the shaft, skip this step.

5.2.11 Step 9: Guide vane servomotor and counterweight installation

- a) Objective of work in the step
 - Installation the servomotor(s) and the counterweight.
- b) Explanation of work
 - Install the servomotor(s) and the counterweight.
 - Align the servomotor(s).

c) Recommendations

See Table 4 at step 11.

d) Additional information

The sequence of installation and adjustment is depending on the design of servomotor and counterweight. Final adjustments of “pre-stressing” of guide vanes should be done at step 11.

5.2.12 Step 10-1: Turbine runner assembly

a) Objective of work in the step

- Assemble the turbine runner in the service bay.

b) Explanation of work

- Connect the runner blades to the trunnions.
- Complete the runner blade driving mechanism, if required.
- Assemble the lifting devices to the runner.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

In the case the runner is assembled at site, the following tests are required:

Oil tightness, water tightness or air tightness on the runner should be confirmed with a leakage test after the assembly. This leakage test, depending on design, might be performed after installation of the runner on the shaft.

Smooth opening and closing of the runner blades should be confirmed by applying oil pressure to the driving mechanism after the assembly.

In some cases, a lifting device is assembled at one of the blade locations. Therefore, final assembly of the last blade should be performed in the turbine pit.

5.2.13 Step 10: Runner installation

a) Objective of work in the step

- Install the turbine runner.

b) Explanation of work

- Lower the runner and install into the turbine pit.
- Couple the runner to the shaft.
- Tighten the coupling bolts between the shaft and the runner.
- Disassemble lifting device and install missing runner blade(s), if required.
- Connect the oil pipes to the turbine runner servomotor.

c) Recommendations

The runner cone is placed in the draft tube before the installation of the runner.

Orientation of the runner to the shaft should be checked before its installation as it could be depending on the oil supply system or any element mentioned in d). This should be checked before installation of the runner.

d) Additional information

- The tightening procedure of the coupling bolts should be provided by the turbine supplier.

There are many possible coupling systems, such as:

- friction coupling.
- fitted bolts.
- fitted sleeves.
- keys or dowels.

If required by certain designs, the runner blade operating pipes could be installed inside the shaft, from the downstream side.

Ensure that parts that need to be installed under the runner, like the discharge ring lower half, are below their final installation position before the runner is installed as its presence can prevent their installation.

5.2.14 Step 11: Guide vane apparatus final adjustment

a) Objective of work in the step

- Make the final adjustments to the guide vane apparatus (see Figure 8)

b) Explanation of work

- Final adjustment of the guide vanes, regulating ring, servomotors, guide vane links and levers.
- Adjustment of the system to ensure sealing between the guide vanes and the outer ring and the inner ring as well as sealing between the guide vanes (closing edges).

c) Recommendations

- The items showed in Table 4 should be checked.

Table 4 – Guide vane apparatus adjustment tolerances

Item	Tolerance	Number of measurements	Measurement location
Closing gap	To be determined by the turbine supplier	3 points for each guide vane	Gaps between adjacent guide vanes
Opening	To be determined by the turbine supplier	1 point at each vane 100 % of the stroke	Openings between guide vanes
Inner gap	To be determined by the turbine supplier	2 points for each vane (leading and tailing side)	Gaps between inner ring and guide vanes
Outer gap	To be determined by the turbine supplier	2 points for each vane (leading and tailing side)	Gaps between outer ring and guide vanes

d) Additional information

It is typical to adjust the servomotor stroke and guide vane “pre-stressing” at this step.

Some units might be equipped with a locking system to be adjusted with the pre-stressing of the guide vanes.

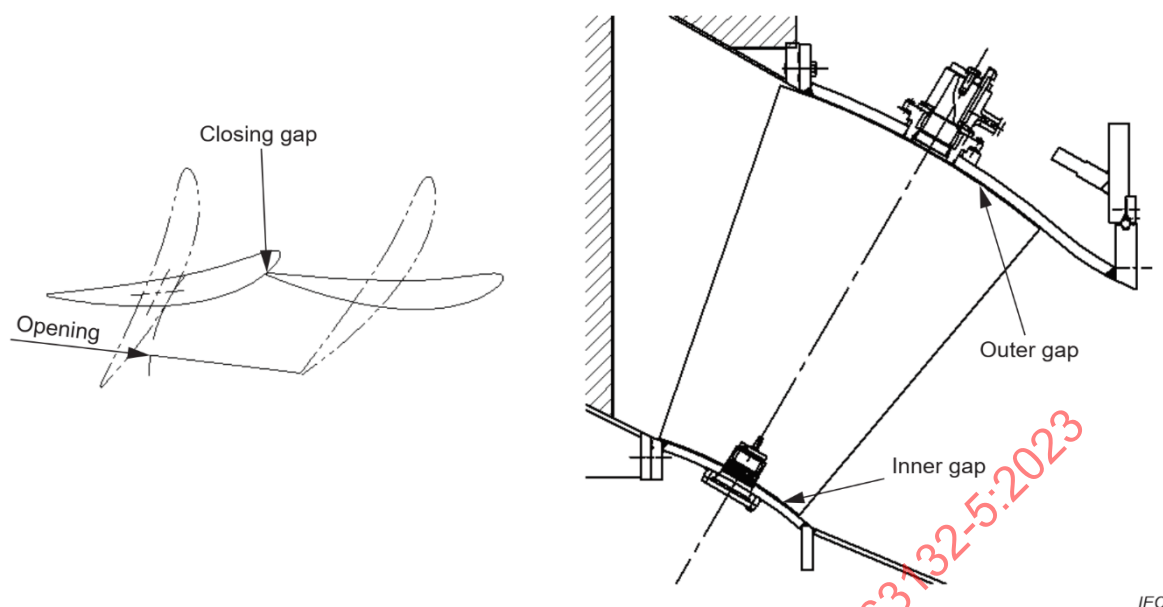


Figure 8 – Guide vane apparatus final adjustment

5.2.15 Step 12: Lowering and storing of bulb nose

- a) Objective of work in the step
 - Place the bulb nose temporarily in the upstream area.
- b) Explanation of work
 - Prepare the scaffold or transport rails in this area.
 - Lower the bulb nose and move to the upstream side.
- c) Recommendations

N/A
- d) Additional information

N/A

5.2.16 Step 13-1: Rotor assembly

- a) Objective of work in the step
 - Assemble the generator rotor in the service bay.
- b) Explanation of work
 - Assemble the rotor spider, as per the design (i.e. welding, bolting).
 - Stack the rotor rim and clamping in stages according to drawings and instructions.
 - Adjust and tighten/shrink the rim to the spider.
 - Mount the poles on the rotor rim or rotor hub depending on the design.
 - Make the pole-to-pole connections and damper winding connections.
 - Dry, if necessary, clean or paint according to the instructions.
 - Execute the electrical tests and mechanical measurements.
- c) Recommendations

N/A

d) Additional information

If the rotor hub is assembled by welding, non-destructive tests should be performed according to the inspection and test plan.

It is a best practice to check the circularity, diameter and stacking height of the rotor rim.

It is a best practice to verify the tightening and locking of all bolts and connections of rotating parts.

In some designs, shims are provided between the poles and the rim to adjust the rotor circularity, concentricity and the average air gap. In this case, it is a best practice to check the stator actual inner diameter to determine the required shimming adjustment.

In some designs, the rotor might not have a rim and the poles are mounted directly on the rotor hub.

Protect the rotor, especially during drilling and welding work occurring nearby.

5.2.17 Step 13: Rotor installation

a) Objective of work in the step

- Install the rotor to the shaft.

b) Explanation of work

- Lower the rotor and install into the pit.
- Couple the rotor to the shaft.
- Tighten the coupling bolts between the shaft and rotor.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

There are many possible coupling systems, such as:

- friction coupling.
- fitted bolts.
- fitted sleeves.
- keys or dowels.

If required by the design, machining of the bores and/or bolts can be performed at this stage.

The tightening procedure should be provided by the generator supplier.

If a pole is removed to allow the use of the rotor lifting device, electrical tests should be done on the removed pole and once again when the pole is reassembled on the rotor. In this case, electrical tests should be done on the removed pole and also once the pole is reassembled on the rotor.

Orientation of the runner to the shaft should be checked before its installation as it could be depending on the oil supply system or any element mentioned in d). This should be checked before installation of the rotor.

5.2.18 Step 14: Discharge ring installation

a) Objective of work in the step

- Install the discharge ring (see Figure 9).

b) Explanation of work

- Install lower half of discharge ring and connect to the outer ring.
- Install upper half of discharge ring and connect to the outer ring.
- Check runner gaps and align discharge ring according to the gaps.
- Install sealing joint between discharge ring and draft tube.

c) Recommendations

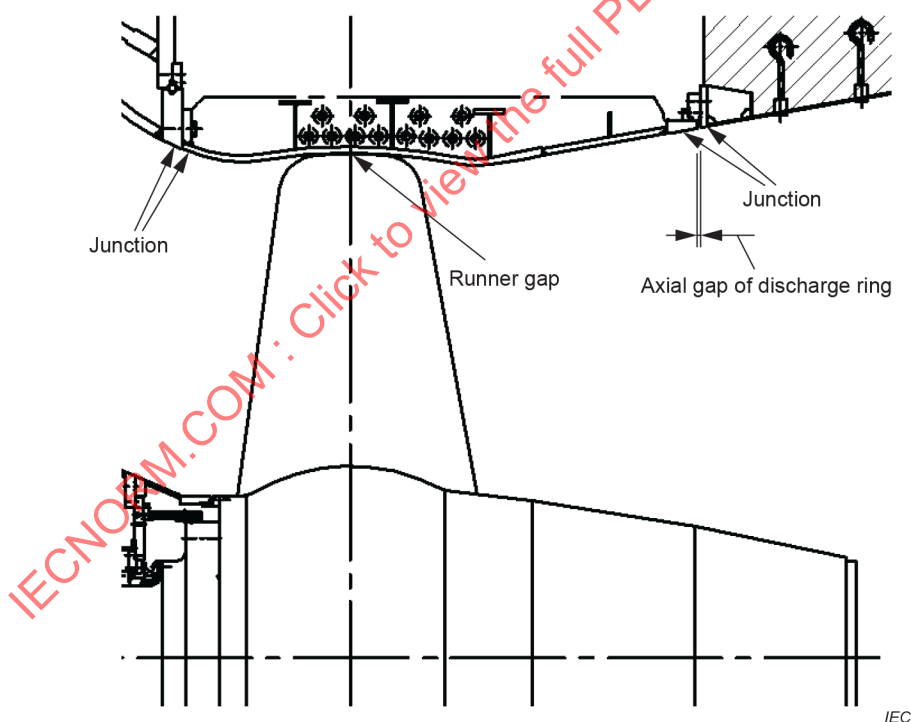
The items showed in Table 5 should be checked.

Table 5 – Discharge ring measurement

Item	Tolerance	Number of measurements	Measurement location
Runner gap	To be determined by the turbine supplier	3 points between each blade and the discharge ring at 4 runner positions (0,90,180,270 degrees)	Gaps between runner blade and discharge ring
Axial gap of discharge ring	To be determined by the turbine supplier	4 points at discharge ring	Gaps between discharge ring and draft tube
Junction	To be determined by the turbine supplier	4 points at discharge ring on each side	Junction between the distributor, the discharge ring and the draft tube.

- Before measuring, it should be ensured that all runner blades are in maximum outer position by eliminating the axial clearance on the runner blade.
- These clearances can be eliminated by inserting wedges between each runner blade and the hub when the blades are at the lowest position.
- The runner gaps should be measured with the runner blades in both fully opened and fully closed position.

The junctions between the distributor, discharge ring and draft tube cone should be checked. The values of these tolerances should be provided by the turbine supplier.

**Figure 9 – Discharge ring installation**

d) Additional information

It is common practice to have equal runner gaps on both right and left sides and to have smaller gaps at the bottom side than at the top side.

5.2.19 Step 15: Shaft alignment

a) Objective of work in the step

- Check and finalize the alignment with all related items.

- b) Explanation of work
 - Final adjustment of the bearing shield to achieve unit alignment.
- c) Recommendations
 - N/A
- d) Additional information
 - N/A

5.2.20 Step 16-1: Stator assembly

- a) Objective of work in the step
 - Assemble the stator in the service bay.
- b) Explanation of work
 - Assemble the stator frame by bolting or welding.
 - Stack the core.
 - Install the winding.
 - Execute the electrical tests and mechanical measurements.
- c) Recommendations
 - Please see IEC 63132-2, step 15 Unit alignment.
- d) Additional information

The stator can be assembled in the shop or the service bay. Protect all winding parts especially while drilling and welding work are occurring nearby.

The stator can be assembled from a number of pre-assembled blocks comprising cores, windings and frame, or the frame can be assembled first at the site and then the core is stacked in one complete ring.

5.2.21 Step 16: Stator installation

- a) Objective of work in the step
 - Install the stator to the turbine housing.
- b) Explanation of work
 - Tilt the stator and lower close to the rotor.
 - Position the stator to pass it around the rotor.
 - Connect the stator to the turbine housing.
 - Adjust the air gap.
- c) Recommendations
 - The items showed in Table 6 should be checked.

Table 6 – Stator installation measurement

Item	Tolerance	Minimum number of measurements	Measurement location
Air gap average with respect to design air gap	± 8 % of the design air gap	Number of poles	Upstream side and downstream side of poles
Air gap min/max values	± 5 % of the average air gap	Number of poles	Upstream side and downstream side of poles

The stator magnetic centre axial position should be checked. The tolerances should be provided by the generator supplier.

d) Additional information

The final alignment of the stator will be done as described in step 21 – Bulb nose installation of the turbine and generator mechanical parts.

If the design has foreseen the possibility of a leakage test at the connection flange between the stator and the turbine housing, the leakage test should be done.

5.2.22 Step 17: Shaft seal installation

a) Objective of work in the step

- Install the shaft seal.

b) Explanation of work

- Complete the installation and adjustment of the shaft seal comprising of operating seal, labyrinth seal and maintenance seal.

c) Recommendations

The tolerance requirements and values should be provided by the turbine supplier.

d) Additional information

There are different types of shaft seals including radial seals and axial seals, etc.

The shaft seal housing might be incorporated into the inner ring or the water guide cone depending on the design.

Final adjustment of shaft seal should be done after the combined bearing installation and adjustments are completed.

5.2.23 Step 18: Runner blade operating pipes installation

a) Objective of work in the step

- Install runner blade operating pipes and feedback rod

b) Explanation of work

- Install runner blade operating pipes and feedback rod into shaft and runner

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

There are different designs for operating pipes. If, due to the design, a certain pattern is required, the positions of closing and opening pipes should be marked.

5.2.24 Step 19: Runner oil supply head and extension shaft installation

a) Objective of work in the step

- Install the oil supply head and the extension shaft.

b) Explanation of work

- Install the extension shaft including runner blade operating pipes
- Perform run-out check of the extension shaft.
- Install runner blade feedback system.
- Complete the installation and adjustment of the oil supply head.

c) Recommendations

Run-out of extension shaft should be verified. The tolerance requirements and values should be provided by the turbine supplier.

Electrical insulation between the oil supply head support and the stationary parts should be tested.

Leakage test of the oil supply head should be performed

d) Additional information

Piping or hoses of the oil supply head should be installed without any tension.

5.2.25 Step 20: Runner cone installation

a) Objective of work in the step

- Install runner cone to the runner.

b) Explanation of work

- Install runner cone to the runner.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

The tightening procedure should be provided by the turbine supplier.

Depending on the design, it might be required to install cover plates or fill the runner cone bolt access holes with a special compound to optimize water flow.

5.2.26 Step 21: Bulb nose installation

a) Objective of work in the step

- Install the bulb nose to the stator.

b) Explanation of work

- Move the bulb nose to the stator.
- Connect the bulb nose to the stator.
- Adjust the air gap by moving the stator.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

If the design has foreseen the possibility of a leakage test at the connection flange between the stator and the bulb nose, the leakage test should be done.

5.2.27 Step 22: Generator supports installation

a) Objective of work in the step

- Install horizontal and vertical generator supports.

b) Explanation of work

- Install vertical generator supports between foundation and bulb nose.
- Install horizontal generator supports between foundation and bulb nose.
- Install steel liner between bulb nose, stator and foundation.

c) Recommendations

Air gap should be checked after final installation of supports.

d) Additional information

Due to different type of designs, preloading of supports should be done according to the design requirements.

5.2.28 Step 23: Access shaft installation and hatch cover closing

a) Objective of work in the step

- Install access shaft, steel liner and hatch cover.

b) Explanation of work

- Install access shaft to bulb nose.
- Install steel liner plates between access shafts to turbine housing.
- Install steel liner below hatch cover if not already integrated in hatch cover.
- Install hatch cover and connect access shaft and hatch cover.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

If the design has foreseen the possibility of a leakage test at the connection flange between the access shaft and the bulb nose, the leakage test should be done.

5.2.29 Step 24: Remaining turbine parts installation completion

a) Objective of work in the step

- The remaining turbine parts installation is completed.

b) Explanation of work

- Install the walkway, handrails, instrumentation, piping, cabling, drainage pumps, air admission system, shaft protection tube, access doors to the water passage, etc.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.2.30 Step 25: Final installation and cabling generator

a) Objective of work in the step

- Final installation of remaining parts of generator.
- Cabling.

b) Explanation of work

- Install slip rings or exciter.
- Final installation of remaining parts of generator.
- Cabling and installation of instruments.
- Install rotor locking device.
- Install rotor turning device.
- Connect stator terminals and isolation.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.2.31 Step 26: Generator auxiliary systems installation

a) Objective of work in the step

- Generator auxiliary systems installation.

b) Explanation of work

- Install cooling water system, air ducts and ventilation system, oil lubrication system, braking system, heating and dehumidification system, etc.

c) Recommendations

N/A

d) Additional information

N/A

5.2.32 Step 27: Turbine auxiliary systems installation

- a) Objective of work in the step
 - Turbine auxiliary systems installation.
- b) Explanation of work
 - Install bearing oil system, water supply system for shaft sealing, governor oil system, speed control system, oil vapour system, distributor locking device, compressed air system, drainage and dewatering system, etc.
- c) Recommendations
N/A
- d) Additional information
N/A

5.2.33 Step 28: Cleaning, painting and inspection before initial tests

- a) Objective of work in the step
 - Perform a final clean up and touch-up painting of whole unit.
- b) Explanation of work
 - Cleaning, touch-up painting and inspection.
- c) Recommendations
N/A
- d) Additional information
Check all monitoring devices and electrical components for their operating ability.
All electrical signals are tested during pre-commissioning in order to ensure the operating reliability of the unit.

5.2.34 Step 29: Turbine and generator mechanical parts complete

This step defines the end of the process.

5.2.35 Step 30: Commissioning

This step identifies the next group of activities.

Bibliography

IEC 63132-1, *Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines – Part 1: General aspects*

IEC 63132-2, *Guidance for installation procedures and tolerances of hydroelectric machines – Part 2: Vertical generators*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-5:2023

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-5:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	39
1 Domaine d'application	41
2 Références normatives	41
3 Termes et définitions	41
4 Organigramme d'installation	41
4.1 Composants encastrés de la turbine et de l'alternateur	41
4.2 Composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur	42
5 Étapes	44
5.1 Composants encastrés de la turbine et de l'alternateur	44
5.1.1 Étape 1: Mise en place des repères	44
5.1.2 Étape 2: Installation des plaques d'ancrage et de la tuyauterie encastrées dans le béton primaire	44
5.1.3 Étape 3: Vérification de l'espace de travail, des plaques d'ancrage et de la tuyauterie encastrées	45
5.1.4 Étape 4: Transfert pour installation	45
5.1.5 Étape 5: Installation de l'aspirateur	45
5.1.6 Étape 6: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour de l'aspirateur	47
5.1.7 Étape 7: Transfert pour la phase de bétonnage	48
5.1.8 Étape 8: Scellement de l'aspirateur	48
5.1.9 Étape 9: Essais de détection des espaces vides dans le béton	49
5.1.10 Étape 10: Injection de coulis derrière l'aspirateur	49
5.1.11 Étape 11: Transfert pour installation	50
5.1.12 Étape 12: Inspection des dimensions de l'aspirateur après scellement	50
5.1.13 Étape 13: Installation du bâti de la turbine	50
5.1.14 Étape 14: Installation du blindage du nez de cloison	53
5.1.15 Étape 15: Installation des bases de fondation de l'alternateur	53
5.1.16 Étape 16: Installation du cadre du couvercle alternateur de l'alternateur	54
5.1.17 Étape 17: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour du bâti de la turbine	54
5.1.18 Étape 18: Transfert pour la phase de bétonnage	54
5.1.19 Étape 19: Scellement du bâti de la turbine, du blindage du nez de cloison, des bases de fondation de l'alternateur et du cadre du couvercle alternateur	54
5.1.20 Étape 20: Transfert pour installation	55
5.1.21 Étape 21: Protection anticorrosion pour les composants encastrés	55
5.1.22 Étape 22: Achèvement de l'installation des composants encastrés de la turbine et de l'alternateur	55
5.1.23 Étape 23: Installation des composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur	56
5.2 Composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur	56
5.2.1 Étape 1: Achèvement de l'installation des composants encastrés de la turbine et de l'alternateur	56
5.2.2 Étape 2: Transfert pour installation	56
5.2.3 Étape 3: Inspection des dimensions du bâti de la turbine après scellement	56
5.2.4 Étape 4-1: Assemblage du distributeur	56
5.2.5 Étape 4: Installation du distributeur	57

5.2.6	Étape 5: Abaissement et stockage de la moitié inférieure de l'anneau de décharge	57
5.2.7	Étape 6-1: Préassemblage de l'arbre et des paliers	57
5.2.8	Étape 6: Installation de l'arbre	58
5.2.9	Étape 7: Remise du plateau d'accouplement de l'arbre	58
5.2.10	Étape 8: Installation du palier combiné	59
5.2.11	Étape 9: Installation du servomoteur des directrices et du contrepoids	59
5.2.12	Étape 10-1: Assemblage de la roue	60
5.2.13	Étape 10: Installation de la roue	60
5.2.14	Étape 11: Ajustement final de l'ensemble des directrices	61
5.2.15	Étape 12: Abaissement et stockage de l'ogive	62
5.2.16	Étape 13-1: Assemblage du rotor	62
5.2.17	Étape 13: Installation du rotor	63
5.2.18	Étape 14: Installation de l'anneau de décharge	63
5.2.19	Étape 15: Alignement de l'arbre	65
5.2.20	Étape 16-1: Assemblage du stator	65
5.2.21	Étape 16: Installation du stator	65
5.2.22	Étape 17: Installation du joint d'étanchéité de l'arbre	66
5.2.23	Étape 18: Installation de la tuyauterie d'opération des pales de roue	66
5.2.24	Étape 19: Installation de la tête d'alimentation en huile de la roue et de l'arbre d'extension	67
5.2.25	Étape 20: Installation du cône de roue	67
5.2.26	Étape 21: Installation de l'ogive	67
5.2.27	Étape 22: Installation des supports de l'alternateur	68
5.2.28	Étape 23: Installation du passage d'accès et fermeture du couvercle alternateur	68
5.2.29	Étape 24: Achèvement de l'installation des composants restants de la turbine	68
5.2.30	Étape 25: Installation finale et alternateur de câblage	68
5.2.31	Étape 26: Installation des systèmes auxiliaires de l'alternateur	69
5.2.32	Étape 27: Installation des systèmes auxiliaires de la turbine	69
5.2.33	Étape 28: Nettoyage, peinture et inspection avant les essais initiaux	69
5.2.34	Étape 29: Achèvement de l'installation des composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur	70
5.2.35	Étape 30: Mise en service	70
	Bibliographie	71

Figure 1 – Organigramme d'installation générique – Composants encastrés de la turbine et de l'alternateur de type bulbe 42

Figure 2 – Organigramme d'installation générique – Composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur de type bulbe 43

Figure 3 – Installation du blindage de l'aspirateur 47

Figure 4 – Plan de scellement du blindage de l'aspirateur 49

Figure 5 – Inclinaison radiale de la bride du bâti de la turbine 52

Figure 6 – Installation du bâti de la turbine 53

Figure 7 – Remise du plateau d'accouplement de l'arbre 59

Figure 8 – Ajustement final de l'ensemble des directrices 62

Figure 9 – Installation de l'anneau de décharge 64

Tableau 1 – Tolérances d'installation de l'aspirateur	46
Tableau 2 – Tolérances d'installation du bâti de la turbine	51
Tableau 3 – Vérifications de la remise du plateau d'accouplement de l'arbre	58
Tableau 4 – Tolérances d'ajustement de l'ensemble des directrices.....	61
Tableau 5 – Mesurage de l'anneau de décharge	64
Tableau 6 – Mesurage de l'installation du stator	66

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63132-5:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**LIGNES DIRECTRICES DES PROCÉDURES ET TOLÉRANCES
D'INSTALLATION DES MACHINES HYDROÉLECTRIQUES –****Partie 5: Turbines et alternateurs de type bulbe****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Électrotechnique 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 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.

L'IEC 63132-5 a été établie par le comité d'études 4 de l'IEC: Turbines hydrauliques. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
4/456/FDIS	4/462/RVD

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63132, publiées sous le titre général *Lignes directrices des procédures et tolérances d'installation des machines hydroélectriques*, se trouve 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.

IMPORTANT – Le logo 'colour inside' qui se trouve sur la page de couverture de ce 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 ce document en utilisant une imprimante couleur.

LIGNES DIRECTRICES DES PROCÉDURES ET TOLÉRANCES D'INSTALLATION DES MACHINES HYDROÉLECTRIQUES –

Partie 5: Turbines et alternateurs de type bulbe

1 Domaine d'application

Le présent document a pour objet d'établir, d'une façon générale, des procédures et des tolérances adéquates pour l'installation de turbines et d'alternateurs de type bulbe. Il présente un assemblage type et chaque utilisation des termes "turbine" et "alternateur" dans la présente partie fait référence à une turbine et à un alternateur de type bulbe. Il existe de nombreuses façons d'assembler un groupe. Les dimensions et la conception des machines, le plan de la centrale électrique, l'ordre du bétonnage et l'échéancier des livraisons des différents composants constituent quelques éléments qui peuvent résulter en l'ajout d'étapes ou l'élimination de certaines étapes et/ou des séquences d'assemblage.

Il est entendu que ce type de publication est contraignant seulement si, et dans la mesure où, les deux parties contractuelles l'ont convenu.

Le présent document exclut les questions d'intérêt purement commercial, sauf celles inextricablement liées au déroulement de l'installation. Il exclut également les spécifications des travaux de génie civil, mais il convient de prendre en considération cet aspect du travail lors de l'assemblage des groupes.

Partout où le présent document précise que des documents, des dessins ou des renseignements sont fournis par un fabricant (ou par des fabricants), chaque fabricant fournira les informations appropriées pour leur propre approvisionnement seulement.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

4 Organigramme d'installation

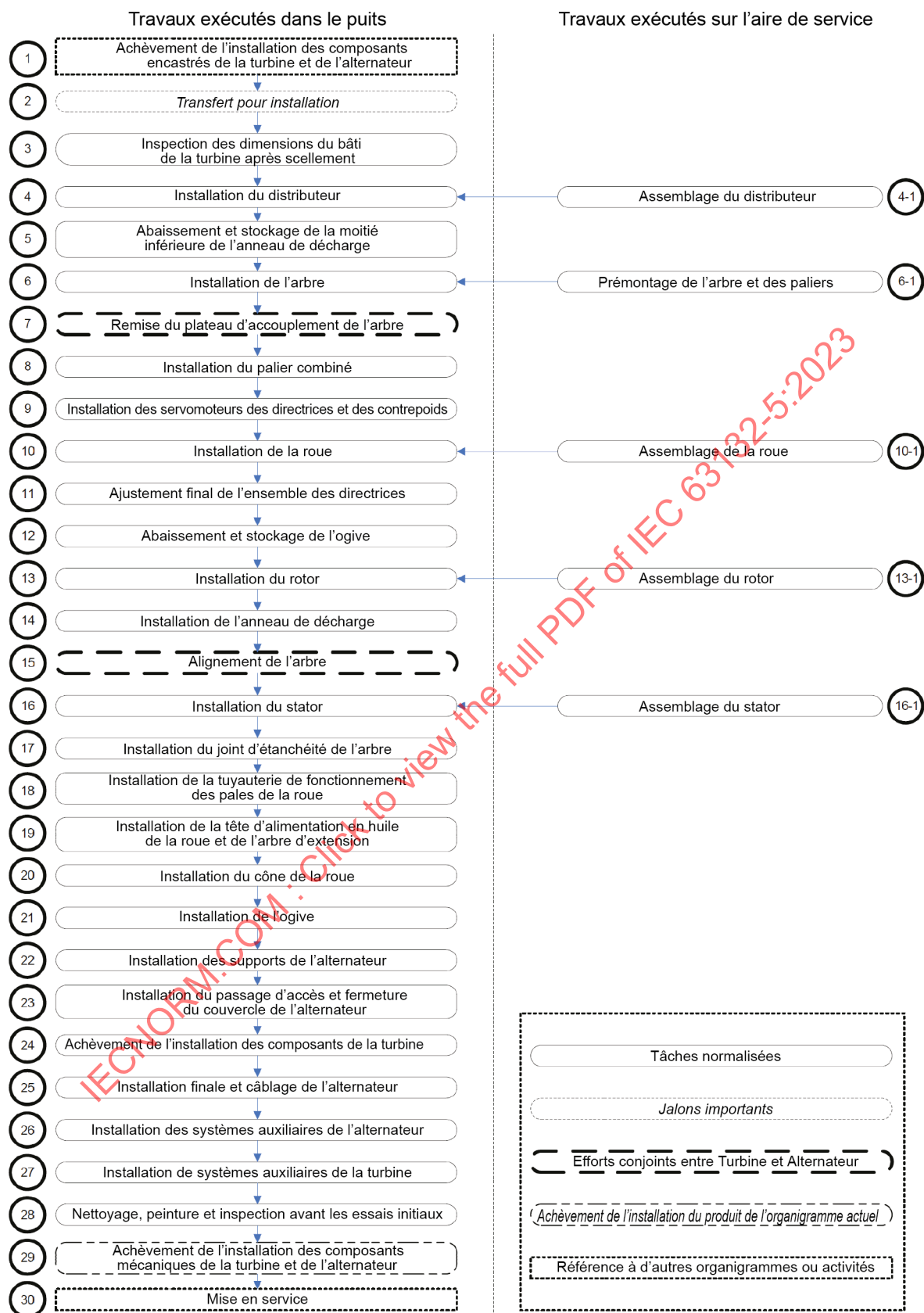
4.1 Composants encastrés de la turbine et de l'alternateur

La Figure 1 représente un organigramme d'installation générique des composants encastrés de la turbine et de l'alternateur de type bulbe.



4.2 Composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur

La Figure 2 représente un organigramme d'installation générique des composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur de type bulbe.



IEC

**Figure 2 – Organigramme d'installation générique –
Composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur de type bulbe**

5 Étapes

5.1 Composants encastrés de la turbine et de l'alternateur

5.1.1 Étape 1: Mise en place des repères

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Établir les repères à utiliser pour démarrer l'installation de la turbine et de l'alternateur.
- b) Explication de la tâche
 - Il convient de fournir une quantité suffisante de repères pour établir la ligne centrale, l'axe et l'élévation du groupe.
- c) Recommandations
 - N/A
- d) Informations additionnelles

Selon le système d'exécution du projet (clé en main, conception-construction, etc.), les repères ou leurs points de référence peuvent être fournis par le propriétaire, le contractant du génie civil, etc. Il incombe au fournisseur des repères ou des points de référence de veiller à ce qu'ils soient corrects.

Il convient que le type de repère (coordonnées x, y, z, définition des axes et élévations, etc.) ait fait l'objet d'un accord avant le commencement des travaux.

Il convient que le fournisseur de la turbine prenne soin de transférer les repères nécessaires tout au long de l'installation et/ou du bétonnage pour assurer que les repères demeurent accessibles pendant l'assemblage du groupe.

5.1.2 Étape 2: Installation des plaques d'ancrage et de la tuyauterie encastrées dans le béton primaire

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Installer la tuyauterie encastrée dans le béton primaire, les plaques d'ancrage et les fondations d'acier aux endroits appropriés.
- b) Explication de la tâche
 - Installer la tuyauterie encastrée dans le béton primaire et ses systèmes de support.
 - Installer les composants de fondation du blindage de l'aspirateur, du servomoteur, des colonnes de soutien et du blindage du nez de cloison.
- c) Recommandations

Des conceptions différentes exigent des tolérances différentes; il est donc recommandé que le fournisseur de la turbine spécifie les tolérances. Il est considéré comme une bonne pratique:

- d'effectuer les contrôles non destructifs applicables (c'est-à-dire les inspections visuelles, les essais de pression sur la tuyauterie, les essais sur la soudure continue);
- d'appliquer des mesures pour empêcher le béton d'entrer dans les tuyaux ou de contaminer les surfaces usinées des fondations pendant le bétonnage.

- d) Informations additionnelles

Il convient que le contrat définisse à quelle partie il incombe d'installer la tuyauterie encastrée dans le béton primaire et/ou les composants de fondation du blindage de l'aspirateur, du servomoteur, des colonnes de soutien et du blindage du nez de cloison.

5.1.3 Étape 3: Vérification de l'espace de travail, des plaques d'ancrage et de la tuyauterie encastrées

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Confirmer que les composants de fondation du blindage de l'aspirateur, du servomoteur, des colonnes de soutien et du blindage du nez de cloison ont été installés au bon emplacement. Vérifier que la forme de la zone bétonnée est conforme à la conception et que l'accès à l'espace de travail est suffisant.

b) Explication de la tâche

- Assurer que les dimensions de la zone bétonnée respectent la conception.
- Assurer qu'il n'y ait aucune interférence entre les structures en béton, la ferrailage, les échafaudages, etc., et les composants de fondation du blindage de l'aspirateur, le servomoteur, les colonnes de soutien et du blindage du nez de cloison.
- Lorsque l'espace de travail est jugé acceptable, les travaux d'installation de la turbine et de l'alternateur peuvent commencer.

c) Recommandations

Il est recommandé de vérifier que les composants de fondation du blindage de l'aspirateur, du servomoteur, des colonnes de soutien, du blindage du nez de cloison et de la tuyauterie encastrée ont été installés dans le respect des tolérances stipulées par le fournisseur de la turbine et de l'alternateur.

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.4 Étape 4: Transfert pour installation

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au fournisseur de la turbine et de l'alternateur.

b) Explication de la tâche

- La zone de travail fait normalement l'objet d'un transfert officiel du contractant du génie civil au fournisseur de la turbine et de l'alternateur. Le transfert est généralement documenté par un formulaire signé.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.5 Étape 5: Installation de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer le blindage de l'aspirateur (voir la Figure 3).

b) Explication de la tâche

- Transporter la bride et les segments du blindage de l'aspirateur vers les fondations et les placer sur les supports de scellement.
- Souder, par soudure de pointage, la bride et les segments du blindage de l'aspirateur.
- Vérifier l'alignement et les dimensions principales de la bride et du blindage de l'aspirateur avant soudage.
- Souder la bride et le blindage de l'aspirateur.
- Vérifier l'alignement et le mesurage des dimensions principales de la bride et du blindage de l'aspirateur après soudage.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points indiqués dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Tolérances d'installation de l'aspirateur

Élément	Tolérance	Nombre minimal de mesurages	Emplacement de mesure
Jonction	À déterminer par le fournisseur de la turbine	8	Différence entre la sortie du blindage de l'aspirateur et l'entrée de la portion bétonnée de l'aspirateur
Élévation	À déterminer par le fournisseur de la turbine	2 pour chaque côté (Gauche et droite)	Élévation de l'entrée et de la sortie
Planéité	À déterminer par le fournisseur de la turbine	8 quand $RD < 4$ m 16 quand $RD \geq 4$ m	Planéité de la bride d'entrée
Inclinaison verticale	À déterminer par le fournisseur de la turbine	2 (haut et bas)	Inclinaison verticale de la bride d'entrée
Inclinaison horizontale	À déterminer par le fournisseur de la turbine	2 (gauche et droite)	Inclinaison horizontale de la bride d'entrée
Orientation	À déterminer par le fournisseur de la turbine	1	Orientation de la bride d'entrée
Concentricité	À déterminer par le fournisseur de la turbine	4 à chaque bride d'entrées et de sortie	Concentricité des brides d'entrée et de sortie à l'axe central
Circularité	À déterminer par le fournisseur de la turbine	8 à chaque bride d'entrées et de sortie	Circularité des brides d'entrée et de sortie
Position axiale	À déterminer par le fournisseur de la turbine	1	Position axiale de la bride d'entrée par rapport au centre de la turbine

- Contrôles non destructifs sur la soudure continue.
- Fixation adéquate de l'aspirateur.

d) Informations additionnelles

Il convient que la séquence d'installation de la bride et du blindage de l'aspirateur soit donnée par le fournisseur de la turbine.

Si la portion aval bétonnée de l'aspirateur ne peut pas être complétée avant l'installation du blindage de l'aspirateur, la position de la sortie du blindage de l'aspirateur ne peut pas être déterminée par la méthode de jonction. Une autre méthode est donc exigée pour positionner la sortie du blindage de l'aspirateur. La portion aval bétonnée est alors adaptée à la sortie du blindage de l'aspirateur.

Un nombre adéquat de supports ou d'entretoises est exigé pour empêcher la bride et le blindage de l'aspirateur de bouger ou de se déformer pendant la deuxième étape de bétonnage.

Il convient de vérifier la bride et le blindage de l'aspirateur pour détecter toute érosion ou déformation à corriger avant les tâches de soudage/d'assemblage.

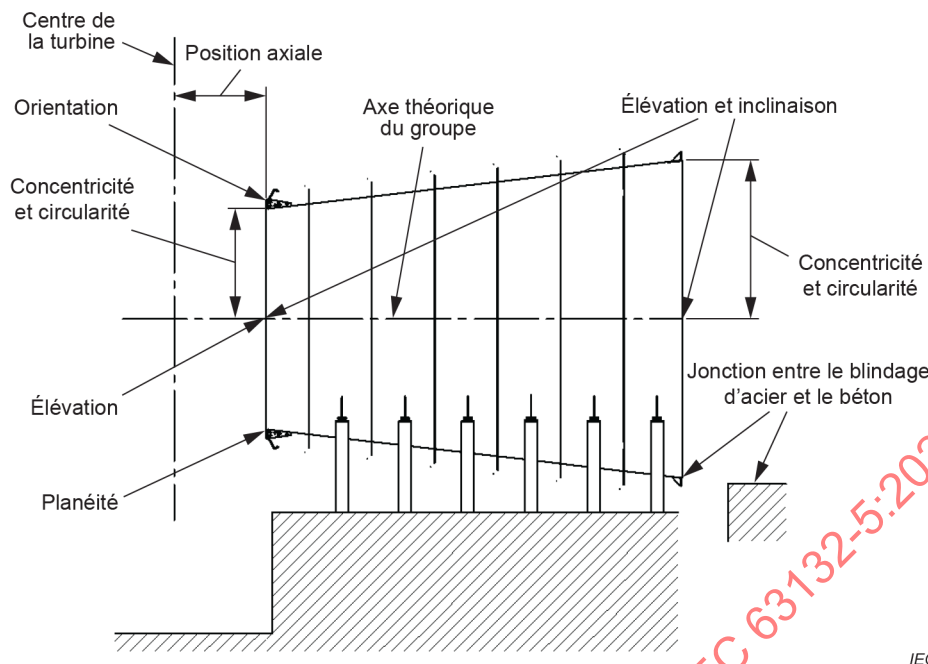


Figure 3 – Installation du blindage de l'aspirateur

5.1.6 Étape 6: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour de l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire.

b) Explication de la tâche

- Installer la tuyauterie encastrée dans le puits de l'aspirateur, avant le bétonnage secondaire.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points suivants:

- contrôles non destructifs réalisés selon les plans d'inspection et d'essai;
- vérifications dimensionnelles des emplacements des tuyaux.

Il convient de prendre en considération les mesures préventives suivantes:

- soutenir la tuyauterie pour l'empêcher d'être déplacée ou endommagée durant le bétonnage;
- couvrir/bloquer les ouvertures des tuyaux pour empêcher le béton d'entrer à l'intérieur des tuyaux durant le bétonnage.

d) Informations additionnelles

Il convient que la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire inclue la tuyauterie de drainage de l'aspirateur, les connexions des prises de pression pour les besoins des essais ou de la surveillance, etc.

Il convient d'inspecter l'état de la tuyauterie, en particulier celle de petit diamètre, pour détecter toute détérioration.

5.1.7 Étape 7: Transfert pour la phase de bétonnage

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Transférer l'espace de travail au contractant du génie civil.
- b) Explication de la tâche
 - Il convient que le fournisseur de la turbine confirme que le blindage de l'aspirateur a été installé et aligné correctement et est prêt pour le bétonnage.
 - La zone de travail de l'aspirateur fait normalement l'objet d'un transfert officiel du fournisseur de la turbine au contractant du génie civil. Le transfert est généralement documenté par un formulaire signé.
- c) Recommandations

Se reporter au Tableau 1 de l'étape 5 des composants encastrés de la turbine et de l'alternateur.
- d) Informations additionnelles
 - N/A

5.1.8 Étape 8: Scellement de l'aspirateur

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Sceller l'aspirateur (voir la Figure 4).
- b) Explication de la tâche
 - Installer les renforts.
 - Positionner le coffrage.
 - Couler le béton.
- c) Recommandations

Il convient que la vitesse de bétonnage, la hauteur des coulées/étapes et les différences de niveaux admissibles aient fait l'objet d'un accord entre les parties concernées durant les phases préliminaires de développement du projet, étant donné les répercussions critiques sur la déformation et le mauvais alignement.
- d) Informations additionnelles

Il convient de prendre un soin particulier lors du bétonnage pour ne pas endommager les composants encastrés ou la tuyauterie encastrée.

La Figure 4 représente un exemple de plan de bétonnage.

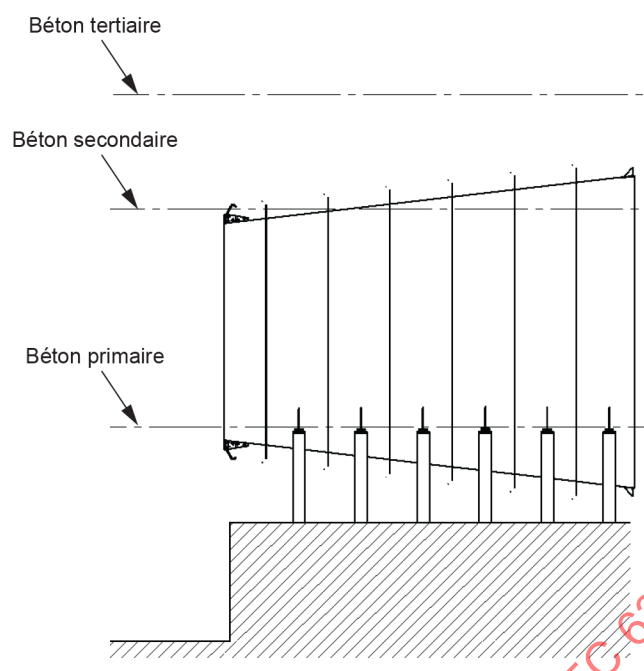


Figure 4 – Plan de scellement du blindage de l'aspirateur

5.1.9 Étape 9: Essais de détection des espaces vides dans le béton

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Déterminer s'il y a des espaces vides entre le blindage de l'aspirateur et le béton.

b) Explication de la tâche

- Une méthode simple pour détecter les espaces vides est de taper sur la surface intérieure du blindage de l'aspirateur avec un marteau.

c) Recommandations

Bien qu'il n'y ait pas de normes établies pour déterminer la quantité d'espaces vides qui exigent l'injection de coulis, il est recommandé qu'une surface unique plus grande que 0,1 m² à 0,2 m², selon la taille du groupe, soit injectée de coulis. Il convient qu'au moins 80 % du blindage soit également fermement en contact avec le béton.

d) Informations additionnelles

Les surfaces pour lesquelles il n'y a aucun contact entre le blindage de l'aspirateur et le béton sonnent différemment (résonance) lorsqu'elles sont frappées avec un marteau.

5.1.10 Étape 10: Injection de coulis derrière l'aspirateur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Comblir les espaces vides entre le blindage de l'aspirateur et le béton en injectant du coulis.

b) Explication de la tâche

- Percer des trous et fixer les connexions pour l'injection du coulis.
- Percer des reniflards.
- Comblir les espaces vides en injectant le coulis.
- Après l'injection, boucher les trous d'injection et les évents.

c) Recommandations

Il convient de répéter la détection des espaces vides après l'injection du coulis pour assurer qu'il n'en subsiste aucun.

d) Informations additionnelles

Il convient de déterminer la pression d'injection durant les phases préliminaires de développement du projet, étant donné les répercussions (sur l'échéancier et le budget) liées à la conception de l'aspirateur. Certains propriétaires spécifient la pression d'injection.

La pression hydrostatique type pour l'injection est de 50 kPa.

5.1.11 Étape 11: Transfert pour installation

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au fournisseur de la turbine.

b) Explication de la tâche

- La zone de travail fait normalement l'objet d'un transfert officiel du contractant du génie civil au fournisseur de la turbine. Le transfert est généralement documenté par un formulaire signé.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.12 Étape 12: Inspection des dimensions de l'aspirateur après scellement

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Déterminer si les dimensions et la position de l'aspirateur ont changé lors du bétonnage.

b) Explication de la tâche

- Les mesurages sont pris pour confirmer que l'aspirateur ne s'est pas déformé ou n'a pas bougé pendant le bétonnage.

c) Recommandations

Se reporter au Tableau 1 de l'étape 5 des composants encastrés de la turbine et de l'alternateur.

d) Informations additionnelles

Le centre de la bride d'entrée du blindage de l'aspirateur devient le centre de référence pour l'installation du bâti de la turbine.

L'élévation et la position réelles du blindage de l'aspirateur peuvent avoir une influence sur l'installation des composants restants de la turbine et de l'alternateur.

5.1.13 Étape 13: Installation du bâti de la turbine

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer le bâti de la turbine (voir la Figure 5 et la Figure 6).

b) Explication de la tâche

- Préassemblage des composants du bâti de la turbine.
- Installer, aligner (centre, inclinaison, élévation, etc.) et fixer le bâti de la turbine et les colonnes de soutien sur les supports de scellement encastrées.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points indiqués dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Tolérances d'installation du bâti de la turbine

Élément	Tolérance	Nombre minimal de mesurages	Emplacement de mesure
Concentricité des brides d'assise du distributeur	À déterminer par le fournisseur de la turbine	8	Brides d'assise de l'anneau intérieur et de l'anneau extérieur
Parallélisme des brides d'assise du distributeur	À déterminer par le fournisseur de la turbine	8	Brides d'assise de l'anneau intérieur et de l'anneau extérieur
Planéité des brides d'assise du distributeur	À déterminer par le fournisseur de la turbine	8 quand $D < 4$ m 16 quand $D \geq 4$ m	Brides d'assise de l'anneau intérieur et de l'anneau extérieur
Concentricité avec l'aspirateur	À déterminer par le fournisseur de la turbine	8	Brides d'assise de l'anneau intérieur et de l'aspirateur
Orientation	À déterminer par le fournisseur de la turbine	1	Bride d'assise de sortie du distributeur
Inclinaison verticale du bâti de la turbine	À déterminer par le fournisseur de la turbine	2 pour chaque (haut et bas)	Bride d'assise de la carcasse du stator et bride d'assise de l'anneau intérieur du bâti de la turbine
Inclinaison horizontale du bâti de la turbine	À déterminer par le fournisseur de la turbine	2 pour chaque (gauche et droite)	Bride d'assise de la carcasse du stator et bride d'assise de l'anneau intérieur du bâti de la turbine
Planéité de la bride d'assise de la carcasse du stator	À déterminer par le fournisseur de l'alternateur	16	Brides d'assise de la carcasse du stator
Inclinaison radiale de la bride d'assise de la carcasse du stator	À déterminer par le fournisseur de l'alternateur	16 pour chaque diamètre	Diamètres intérieur et extérieur de la bride d'assise de la carcasse du stator
Planéité de la bride d'assise du support du palier	À déterminer par le fournisseur du palier combiné	8	Bride d'assise du support du palier
Inclinaison radiale de la bride d'assise du support du palier	À déterminer par le fournisseur du palier combiné	8 pour chaque diamètre	Bride d'assise du support du palier
Distance	À déterminer par le fournisseur de la turbine	4	Distance entre le bâti de la turbine et l'aspirateur

- Contrôles non destructifs sur la soudure continue.
- Fixation adéquate du bâti de la turbine.

d) Informations additionnelles

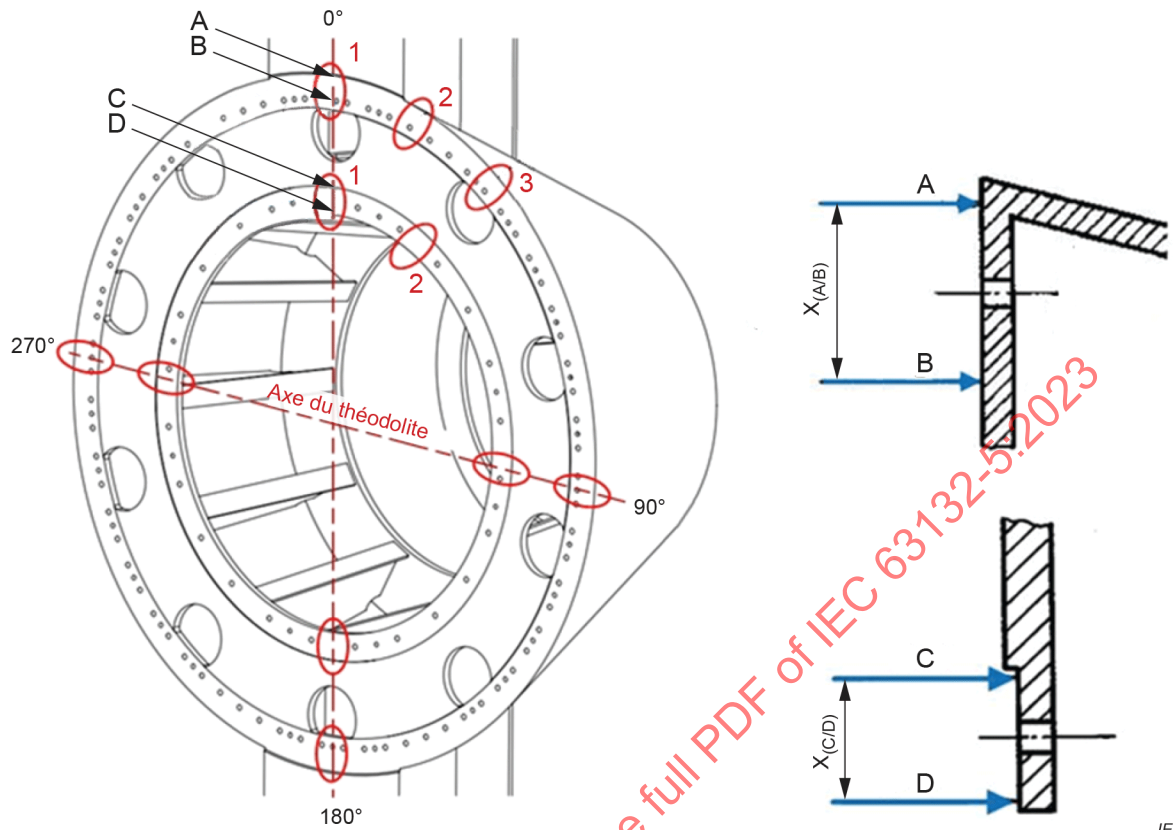


Figure 5 – Inclinaison radiale de la bride du bâti de la turbine

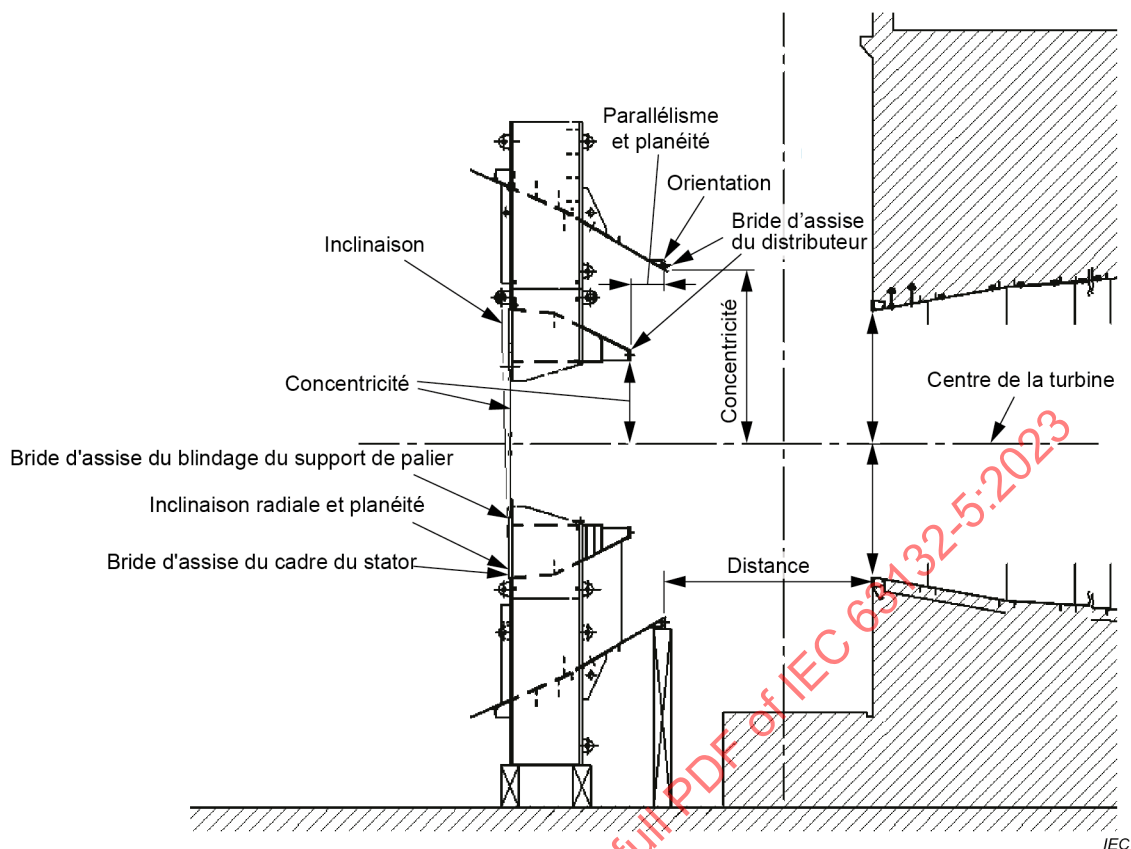


Figure 6 – Installation du bâti de la turbine

5.1.14 Étape 14: Installation du blindage du nez de cloison

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Installer le blindage du nez de cloison.
- b) Explication de la tâche
 - Installation et alignement du blindage du nez de cloison.
- c) Recommandations

N/A
- d) Informations additionnelles

N/A

5.1.15 Étape 15: Installation des bases de fondation de l'alternateur

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Installer les bases de fondation de l'alternateur.
- b) Explication de la tâche
 - Installation des bases de fondation de l'alternateur.
- c) Recommandations

N/A
- d) Informations additionnelles

N/A

5.1.16 Étape 16: Installation du cadre du couvercle alternateur de l'alternateur

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Installer le cadre du couvercle alternateur de l'alternateur.
- b) Explication de la tâche
 - Installation du cadre du couvercle alternateur de l'alternateur.
- c) Recommandations

N/A
- d) Informations additionnelles

Il convient de soutenir le cadre du couvercle alternateur de l'alternateur par une structure temporaire (structure pour construction de plafond) fournie par le contractant du génie civil.

S'il est disponible, le couvercle alternateur lui-même peut être utilisé pour soutenir le cadre du couvercle alternateur pendant le scellement.

5.1.17 Étape 17: Installation de la tuyauterie encastrée dans le béton secondaire autour du bâti de la turbine

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Installer la tuyauterie encastrée.
- b) Explication de la tâche
 - Installation des tuyaux autour du bâti de la turbine et du cadre du couvercle alternateur de l'alternateur avant le bétonnage final.
- c) Recommandations

Il convient de vérifier les points suivants.

Il convient d'effectuer les contrôles non destructifs et les essais de pression de la tuyauterie ainsi que les vérifications dimensionnelles de leurs emplacements selon les exigences de conception.

Il convient de prendre en considération les mesures préventives suivantes:

 - soutenir la tuyauterie pour l'empêcher d'être déplacée ou endommagée durant le bétonnage;
 - couvrir/bloquer les ouvertures des tuyaux pour empêcher le béton d'entrer à l'intérieur des tuyaux durant le bétonnage.
- d) Informations additionnelles

N/A

5.1.18 Étape 18: Transfert pour la phase de bétonnage

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Transférer l'espace de travail au contractant du génie civil.
- b) Explication de la tâche
 - La zone de travail fait normalement l'objet d'un transfert officiel du fournisseur de la turbine au propriétaire ou au contractant du génie civil. Le transfert est généralement documenté par un formulaire signé.
- c) Recommandations

N/A
- d) Commentaires additionnels

N/A

5.1.19 Étape 19: Scellement du bâti de la turbine, du blindage du nez de cloison, des bases de fondation de l'alternateur et du cadre du couvercle alternateur

- a) Objectif de la tâche pour cette étape
 - Finaliser la structure en béton autour de la turbine/l'alternateur.

b) Explication de la tâche

- Finalisation de la structure de béton autour de la turbine/l'alternateur et bétonnage du bâti de la turbine, du blindage du nez de cloison, des bases de fondation de l'alternateur et du cadre du couvercle alternateur.

c) Recommandations

Il convient d'inspecter les dimensions principales et le fini des surfaces mouillées bétonnées selon les dessins du fournisseur de la turbine.

Il convient que la vitesse de bétonnage, la hauteur des coulées/étapes et les différences de niveaux admissibles aient fait l'objet d'un accord entre les parties concernées durant les phases préliminaires de développement du projet, étant donné les répercussions critiques sur la déformation et le mauvais alignement.

Après l'installation des renforts pour le bétonnage, il convient de revérifier les alignements de chaque composant avant de couler le béton.

Il convient de veiller à éviter toute interférence entre les composants encastrés et les barres de renforcement du béton.

d) Informations additionnelles

La structure de soutien du plafond ne doit être soutenue par aucun composant de la turbine afin d'éviter les déformations et les désalignements. Il convient de prendre un soin particulier lors du bétonnage pour ne pas endommager les composants encastrés ou la tuyauterie encastrée.

5.1.20 Étape 20: Transfert pour installation

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au fournisseur/installateur de la turbine.

b) Explication de la tâche

- La zone de travail fait normalement l'objet d'un transfert officiel du contractant du génie civil au fournisseur/installateur de la turbine. Le transfert est généralement documenté par un formulaire signé.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.21 Étape 21: Protection anticorrosion pour les composants encastrés

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Protéger les composants encastrés, du côté des surfaces mouillées, contre la corrosion.

b) Explication de la tâche

- Enlever tout renfort intérieur.
- Préparer les composants pour la protection anticorrosion.
- Appliquer la protection anticorrosion.

c) Recommandations

Il convient que les spécifications de la protection anticorrosion soient données par le fournisseur de la turbine.

d) Informations additionnelles

N/A

5.1.22 Étape 22: Achèvement de l'installation des composants encastrés de la turbine et de l'alternateur

Cette étape définit la fin de ce processus.

5.1.23 Étape 23: Installation des composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur

Cette étape identifie le début du prochain groupe d'activités.

5.2 Composants mécaniques de la turbine et de l'alternateur

5.2.1 Étape 1: Achèvement de l'installation des composants encastrés de la turbine et de l'alternateur

Cette étape identifie la fin du groupe d'activités précédent.

5.2.2 Étape 2: Transfert pour installation

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Transférer l'espace de travail au fournisseur de la turbine.

b) Explication de la tâche

- La zone de travail fait normalement l'objet d'un transfert officiel du contractant du génie civil au fournisseur de la turbine. Le transfert est généralement documenté par un formulaire signé.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.2.3 Étape 3: Inspection des dimensions du bâti de la turbine après scellement

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Déterminer la forme et la position du bâti de la turbine après scellement.

b) Explication de la tâche

- Mesurer et confirmer la position et l'alignement du bâti de la turbine après scellement.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les dimensions du bâti de la turbine pour voir si les valeurs lues selon le Tableau 2 de l'Étape 13 de la section composants encastrés, ont changé après le bétonnage.

d) Informations additionnelles

Si des déformations inacceptables sont détectées, un meulage sur site, un usinage des brides ou d'autres travaux de correction peuvent être utilisés.

5.2.4 Étape 4-1: Assemblage du distributeur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Assemblage des segments du distributeur.

b) Explication de la tâche

- Assemblage des segments du distributeur dans une zone située à l'extérieur du puits de la turbine.
- Assemblage de l'anneau extérieur avec des coussinets de palier, directrices, leviers.
- Assemblage du cercle de vannage et des bielles sur l'anneau extérieur.
- Assemblage de l'anneau intérieur avec des coussinets de palier et un arbre de vannage.
- Assemblage d'un dispositif de levage pour fixer la position relative de l'anneau extérieur par rapport à l'anneau intérieur pendant le processus d'inclinaison et de levage.

c) Recommandations

Il convient de vérifier le jeu entre l'anneau extérieur, l'anneau intérieur et les directrices ainsi que le jeu entre les directrices en position fermée. Il convient d'effectuer les réglages et les mesurages finaux en position installée dans le puits de la turbine.

d) Informations additionnelles

Il existe différentes options pour les séquences d'installation en fonction de la conception. (Installation de l'anneau intérieur avec l'arbre du côté aval, installation de l'anneau intérieur séparément, installation séparée de la moitié inférieure et supérieure de l'assemblage du distributeur, etc.)

5.2.5 Étape 4: Installation du distributeur

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installation du distributeur.

b) Explication de la tâche

- Incliner et abaisser le distributeur dans le puits de la turbine.
- Connecter le distributeur à le bâti de la turbine.
- Aligner le distributeur pour atteindre le jeu des directrices.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les jeux entre l'anneau extérieur, l'anneau intérieur et les directrices ainsi que le jeu entre les directrices en position fermée.

Il convient que les exigences des tolérances et les valeurs des points mentionnés ci-dessus soient données par le fournisseur de la turbine.

d) Informations additionnelles

Il existe différentes options pour les séquences d'installation en fonction de la conception.

5.2.6 Étape 5: Abaissement et stockage de la moitié inférieure de l'anneau de décharge

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Placer la moitié inférieure de l'anneau de décharge temporairement, avant l'installation de la roue.

b) Explication de la tâche

- Abaisser la moitié inférieure de l'anneau de décharge et la placer sur le sol, sous la position finale d'installation.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

N/A

5.2.7 Étape 6-1: Préassemblage de l'arbre et des paliers

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Assembler l'arbre, le palier guide turbine et le palier combiné sur l'aire de service avant l'installation de l'arbre.

b) Explication de la tâche

- Assembler le palier guide turbine à l'arbre.
- Assembler le palier combiné à l'arbre.
- Assembler les dispositifs d'installation à l'arbre.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

Certaines options de conception exigent que l'installation du palier guide turbine et du palier combiné soit effectuée après l'installation de l'arbre.

Si le palier combiné est installé séparément de l'arbre, voir l'Étape 8.

5.2.8 Étape 6: Installation de l'arbre

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Installer l'arbre dans le bâti de la turbine.

b) Explication de la tâche

- Soulever l'arbre dans le bâti de la turbine.
- Installer le palier de la turbine sur le bâti de la turbine, côté turbine.
- Installer le palier combiné sur le bâti de la turbine, côté alternateur.
- Aligner et centrer l'arbre.

c) Recommandations

N/A

d) Informations additionnelles

Certaines options de conception exigent que l'installation du palier guide turbine et du palier combiné soit effectuée après l'installation de l'arbre.

Si le palier combiné est installé séparément de l'arbre, voir l'Étape 8.

5.2.9 Étape 7: Remise du plateau d'accouplement de l'arbre

a) Objectif de la tâche pour cette étape

- Établir les conditions de remise du plateau d'accouplement de l'arbre (voir la Figure 7).

b) Explication de la tâche

- La remise du plateau d'accouplement de l'arbre est définie comme le transfert du fournisseur de la turbine au fournisseur de l'alternateur.

c) Recommandations

Il convient de vérifier les points indiqués dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Vérifications de la remise du plateau d'accouplement de l'arbre

Élément	Tolérance	Nombre de mesurages	Emplacement de mesure
Concentricité de l'arbre à le bâti de la turbine	À déterminer par le fournisseur de la turbine et de l'alternateur	4 chacun (tous les 90° du côté de la turbine et du côté de l'alternateur)	Pour le côté turbine, à déterminer par le fournisseur de la turbine Pour la surface d'appui côté alternateur au blindage du palier
Parallélisme de l'arbre à le bâti de la turbine du côté de l'alternateur	À déterminer par le fournisseur de l'alternateur	À déterminer par le fournisseur de l'alternateur	De la bride de l'arbre à la bride du stator et, selon la séquence d'installation des paliers combinés, de la bride de l'arbre à la bride du bâti du palier.
Position axiale de l'arbre	À déterminer par les fournisseurs de la turbine et de l'alternateur	1 pour chaque côté	De la bride de l'arbre à la bride de décharge de l'anneau extérieur De la bride de l'arbre à la bride du stator du bâti de la turbine