

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic pumping systems – Design qualification and performance measurements

Systèmes de pompage photovoltaïques – Qualification de la conception et mesures de performance

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62253:2011



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic pumping systems – Design qualification and performance measurements

Systèmes de pompage photovoltaïques – Qualification de la conception et mesures de performance

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 27.160

ISBN 978-2-88912-592-0

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms, definitions, system-types and -parameters.....	7
3.1 Terms and definitions	7
3.1.1 PV converter.....	7
3.1.2 PV pump aggregate	8
3.1.3 PV pump terminal cable	8
3.1.4 PV pump systems	8
3.1.5 Photovoltaic pumping systems in stand-alone operation	8
3.1.6 Impedance matching.....	8
3.2 System-types and -parameters	8
4 Requirements for system components.....	10
4.1 General	10
4.2 Relations to other standards	10
5 Performance measurement.....	11
5.1 General	11
5.2 Test set-up	11
5.3 Pumping system performance tests	13
5.3.1 General	13
5.3.2 P-Q characterisation	13
5.3.3 H-Q characterisation	15
5.3.4 Start-up power measurements	15
6 Design qualification for a pumping system.....	16
6.1 General	16
6.2 Customer data.....	16
6.3 System characteristics.....	17
6.4 Dimensioning of hydraulic equipment.....	18
6.5 Documentation	18
6.5.1 General	18
6.5.2 Operating and maintenance handbook for the pump maintenance staff at the PV pumping site.....	18
6.5.3 Maintenance handbook covering operation, repair and servicing.....	18
6.6 Design check of the PV pumping system in respect to the daily water volume.....	19
6.7 Recording of the measured parameters	19
Annex A (informative) Performance diagram, component characteristics and definitions	21
Figure 1 – Schematic of system types for the purposes of testing (In case C, V_m and I_m may be electronically commutated voltage and current)	9
Figure 2 – Example of PV pump test circuit in the lab	13
Figure 3 – Example of a P-Q diagram.....	14
Figure 4 – Example of an H-Q diagram for the same pump at different rotational speeds	15
Figure A.1 – System performance for a centrifugal pumping system.....	21
Table 1 – Categories of PV pumping systems for the purposes of testing.....	8

Table 2 – Definition of the parameters	10
Table 3 – Pressure in bars for equivalent heads of water	17
Table 4 – Core and optional parameters to be measured and recorded	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62253:2011

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS – DESIGN QUALIFICATION AND PERFORMANCE MEASUREMENTS

FOREWORD

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

International Standard IEC 62253 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
82/647/FDIS	82/656/RVD

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

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

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62253:2011

PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS – DESIGN QUALIFICATION AND PERFORMANCE MEASUREMENTS

1 Scope and object

This International Standard defines the requirements for design, qualification and performance measurements of photovoltaic pumping systems in stand-alone operation. The outlined measurements are applicable for either indoor tests with PV generator simulator or outdoor tests using a real PV generator. This standard applies to systems with motor pump sets connected to the PV generator directly or via a converter (DC to DC or DC to AC). It does not apply to systems with electrical storage unless this storage is only used for the pump start up (< 100 Wh).

The goal is to establish a PV pumping system design verification procedure according to the specific environmental conditions. This Standard addresses the following pumping system design features:

- Power vs. flow rate characteristics at constant pumping head
- Pumping head vs. flow rate characteristics at constant speed
- System design parameters and requirements
- System specification
- Documentation requirements
- System design verification procedure

The object of this standard is to establish requirements in order to be able to verify the system performance characteristics of the PV pumping system. For this purpose the test set-up is outlined, the measurements and deviations to be taken are defined and a checklist for the data mining is established.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12 h cycle)*

IEC 60146 (all parts), *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-7-712, *Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC 60529, *Degree of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60947-1, *Low voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61683:1999, *Photovoltaic systems – Power conditioners – Procedure for measuring efficiency*

IEC 61725, *Analytical expression for daily solar profiles*

IEC 61730-1, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction*

IEC 61730-2, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing*

IEC 61800-3, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and specific test methods*

IEC 62103, *Electronic equipment for use in power installations*

IEC 62109-1, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*

IEC 62124:2004, *Photovoltaic (PV) stand-alone systems design verification*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62458, *Sound system equipment – Electroacoustical transducers – Measurement of large signal parameters*

IEC 62548¹, *Design requirements for photovoltaic (PV) arrays*

ISO/DIS 9905, *Technical specifications for centrifugal pumps – Class I (ISO 9905:1994)*

3 Terms, definitions, system-types and -parameters

3.1 Terms and definitions

3.1.1 PV converter

The PV converter converts the DC voltage of the PV generator into a high or low DC voltage or converts this DC voltage and/or DC current into one-phase or multi-phase alternating-current voltage or alternating current

¹ To be published.

NOTE the PV converter may also include equipment for MPPT, monitoring, metering and for protection purposes.

3.1.2 PV pump aggregate

The PV pump aggregate consists of the pump (centrifugal pump, displacement volume pump) the driving motor and control

3.1.3 PV pump terminal cable

A PV pump terminal cable connects the PV converter and the pump aggregate

3.1.4 PV pump systems

A PV installation is comprised mainly of the following components and equipment:

PV generator, cabling, control unit (e.g. inverter, DC/DC converter, etc.), motor, pump and hydraulic piping

3.1.5 Photovoltaic pumping systems in stand-alone operation

Photovoltaic pumping systems in stand-alone operation are photovoltaic pumping systems with no connection to the grid

3.1.6 Impedance matching

DC/DC Converter, which may include MPPT or V/I tracking maybe with temperature correction

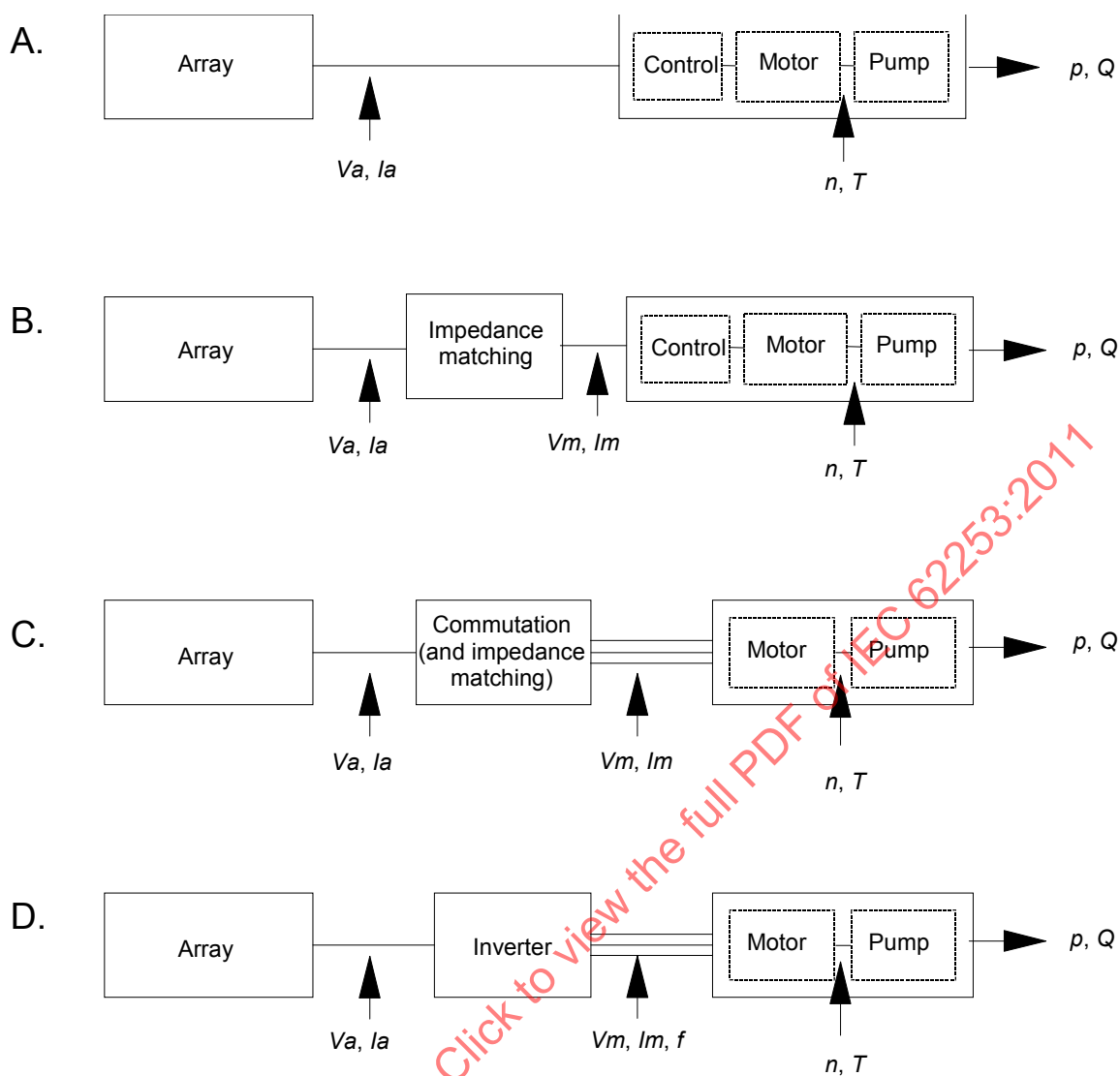
3.2 System-types and -parameters

For the purposes of testing, PV pumping systems can be divided into four categories as shown in Table 1. The measurement access points within the system define these categories.

Figure 1 illustrates the four basic arrangements, and defines the parameters that can be measured at each accessible point in the system. The parameters are defined in Table 2.

Table 1 – Categories of PV pumping systems for the purposes of testing

Pumping system types	
A.	DC systems either directly connected or with a control (impedance matching) electronics integral with motor-pump
B.	DC system with separate impedance matching unit, connected to either brushed or electronics commutated motor-pump unit where the corresponding controls are integral with motor-pump
C.	DC system (brushless) with separate commutation control (and impedance matching)
D.	System with DC/AC inverter for operation of a standard AC pump-motor



IEC 1669/11

Figure 1 – Schematic of system types for the purposes of testing
(In case C, V_m and I_m may be electronically commutated voltage and current)

Table 2 – Definition of the parameters

No.	Parameter	Sym	Unit
1	Generator voltage DC	V_a	V
2	Generator current DC	I_a	A
3	Generator open circuit voltage DC	V_{oc}	V
4	Generator short cut current DC	I_{sc}	A
5	Generator maximum power point voltage DC	V_{mpp}	V
6	Generator maximum power point current DC	I_{mpp}	A
7	Pressure as measured	p	Pa
8	Flow rate	Q	m ³ /h
9	Motor voltage DC or AC	V_m	V
10	Motor current DC or AC	I_m	A
11	Motor voltage (multi-phase AC)	V_{rms}	V
12	Motor current (multi-phase AC)	I_{rms}	A
13	Power factor	λ	-
14	AC frequency (or DC switching frequency)	f	Hz
15	Motor speed	n	min ⁻¹
16	Torque at motor-pump coupling	T	Nm
17	Water temperature (at inlet)	t	°C

4 Requirements for system components

4.1 General

Typically a PV pumping system consists of the following main components:

- PV generator
- Electronic converters which are separate (impedance matching device or inverter)
- Combined motor pump unit

4.2 Relations to other standards

PV pumping systems are one of the applications for photovoltaics. Therefore existing standards for the components shall be applied.

PV modules should comply with the requirements of relevant standards. For crystalline PV modules IEC 61215, for thin-film PV modules IEC 61646 and for safety requirements for PV modules IEC 61730-1 and IEC 61730-2 are applicable. PV generators should be installed according to IEC 62548. The PV generator combiner box should bear a warning label indicating that active parts of the PV generator combiner box may still be live even after disconnection from the converter.

As PV pumping systems are stand-alone systems IEC 60364-7-712 applies as well.

The PV generator combiner boxes and the switchgear assembly for the installation of the PV converter should be in compliance with the requirements of IEC 60947-1. A warning label is required to the extent that fuses or disconnect devices should not be withdrawn or switched under load if such devices are installed on the DC side.

Power Conditioning Units (DC-DC converter, DC-AC converter) have to fulfil the requirements given in IEC 62109-1.

Upon selection of the electrical equipment of the DC side one should ensure that the equipment is suited for direct voltage and direct current. PV generators are to be connected in series up to the maximum open-circuit voltage of the PV generator. The respective specifications are to be given by the module manufacturer. If blocking diodes are necessary, their reverse voltage is to be rated at twice the value of the open-circuit voltage of the PV generator under STC. IEC 62458 for PV installation shall be referred.

The protection concept should meet the requirements against electric shocks (IEC 60364-4-41) and the operation safety of the system. Testing of electrical components and electronic apparatus shall comply with IEC 60146, IEC 62103 and all relevant standards.

Lightning protection shall be compliant to the relevant standards and the requirements of IEC 62305-3.

The damp-heat suitability of electronic apparatus shall be compliant at local ambient conditions to IEC 60068-2-30 (ref. to damp-heat cyclic). 5 cycles shall be made for the electronic apparatus.

Severity: With plants for tropical application the temperature amounts to 55 °C max.
 With plants in temperate climates the temperature amounts to 45 °C max.

Protection against contact, foreign bodies and water shall be compliant to IEC 60529.

Type testing of the transportability of electronic apparatus with packaging shall be compliant to IEC 60068-2-6.

Assessment of immunity against conducted and radiated disturbing quantities shall be compliant to IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 and IEC 61800-3.

Pumps can be classified into 4 main categories, although supplementary types might exist.

Centrifugal pumps shall fulfil the requirements given in ISO/DIS 9905 Class I.

5 Performance measurement

5.1 General

The performance of the system can be determined by evaluation the complete system under varying conditions. The performance shall be evaluated either under laboratory (replicable and reproducible) conditions or under field conditions for acceptance test. One of them is enough.

5.2 Test set-up

The minimum requirement for a test set-up for performance measurement is defined as follows (Maximum measurement uncertainties are given in Table 4):

Electric:

- Real PV generator with irradiance and wind measurement (for field acceptance)
or
Programmable PV solar generator simulator capable to simulate a given PV solar generator configuration (i.e. the number of modules, the type and the series/parallel combination) for laboratory test.
- Real cable type, length and diameter (for field acceptance or laboratory test)
or
Cable impedance simulator (for laboratory test).

- Measurement equipment with acceptable accuracy and precision for detection and registration of the parameters listed in Table 2.

Hydraulic:

- Water tank
- Motor-pump set
- Pressure transducer
- Pre-pressurised air chamber (where the pressure level can be adjusted)
- Flow transducer
- Pressure sustaining device
- Discharge pipe

An example test circuit schematic is shown in Figure 2.

NOTE Any equivalent test circuit (e.g. for different pumping types) verifying correct hydraulic characteristics and system performance can be used, provided that it ensures the required initial counter pressure.

The pipe set up between the pump outlet and the pressure sensor should be the same diameter as the manufacturer's outlet fitting. It is assumed that over the normal operating range of the pump the pressure drop due to frictional losses between the pump outlet and the pressure sensor will be negligible and the kinetic energy component of the water at the pump outlet will be small compared to the increase in potential energy due to the increased pressure across the pump. These assumptions should be verified and if necessary the effect on the calculation of hydraulic power should be corrected. This should be noted in the test report.

The general layout of the system pipe work should be designed to avoid airlocks.

For instantaneous performance testing, pressure can be sustained by means of a simple gate valve in which a backpressure is sustained by restricting the flow. There are also special valves available which sustain a constant upstream pressure (pressure sustaining valves) although care should be taken, as their performance can be unpredictable. Some better equipped test laboratories may sustain pressure by means of a pre-pressurised air chamber operating with a pressure maintaining valve at the outlet or a real water column (see Table 3).

If a flow meter is used for laboratory measurements, then the end of the discharge pipe should be beneath the water surface to prevent splashing. This could cause a mixed water / air bubbles fluid entering the pump inlet and affecting its proper operation. If the bucket and stop-watch method (field method) is used, it is not possible to discharge the water beneath the surface, and so a vertical baffle shall be inserted in the tank between the pump intake and the return pipe such that water has to pass under the baffle near the bottom of the tank to reach the pump. In this way any small bubbles will be excluded, as they will remain near the surface. Alternatively a large pipe can be placed around the pump with its top breaking the surface and an arch cut in its base to allow water entry.

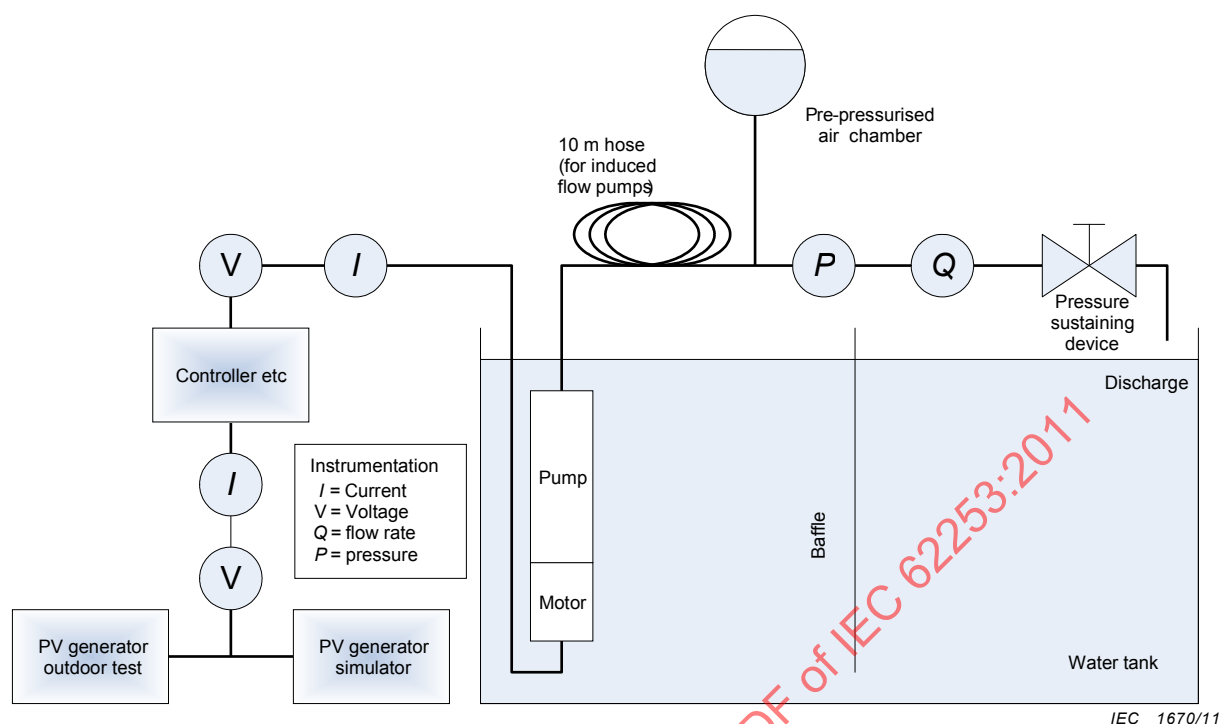


Figure 2 – Example of PV pump test circuit in the lab

5.3 Pumping system performance tests

5.3.1 General

The characteristics agreed to in the component and implementation specification shall be verified in the performance tests. During the performance test, components or subsystems are submitted to various test procedures and are tested for adherence to the stipulated characteristics. A first design check will be carried out after the performance curves have been determined to compare them with the required design data of the plant. Data for the system as a whole is verified on site by performing the field performance test. The test provides all necessary information and performance curves to be taken as a basis for the field performance test.

Laboratory performance test: A schematic of the required laboratory system test circuit is shown in Figure 2.

The converter efficiency test is performed according to IEC 61683:1999 and therefore not detailed in this standard.

5.3.2 P-Q characterisation

It is important to test the performance of the pumping systems at constant head (H) and varying input power (P) to determine the resultant flow rate (Q). In the laboratory these characteristic constant head (H) curves for P over Q shall be determined.

The following constant head (H) curves should be determined (unless the manufacturer defines the lowest allowed head different. Then H_1 should be taken as $H_{\min}$):

$$H_1 = 0,3 H_{\max}$$

$$H_2 = 0,4 H_{\max}$$

$$\begin{aligned} H_3 &= 0,5 H_{\max} \\ H_4 &= 0,6 H_{\max} \\ H_5 &= 0,7 H_{\max} \\ H_6 &= 0,8 H_{\max} \\ H_7 &= 0,9 H_{\max} \end{aligned}$$

See also Figure 3 (example for a centrifugal pumping system) as an example of a graphical representation. $H_{\max}$ ($Q = 0$ for centrifugal pumps. For other pump types, e.g. helical rotor pumps $H_{\max}$ is defined by the manufacturer as the maximum allowed operational head) is the maximum pumping head of the pump at the maximum safe motor speed or the maximum frequency supplied by the converter (in case this is lower than the safe motor speed). Safety requirements from the pump manufacturer should be considered.

The pumping system shall be run at nominal speed for 5 min at low pressure respectively open valves in order to get air bubbles out of the test loop.

The pressure is set to a fixed value. Measurements are started at the highest pressure. The system input power is varied from high to low in steps and the flow rate is measured, for this purpose, the PV generator simulator or real PV generator I-V characteristics shall be as specified in the system design. Between high input power and low input power at least 5 measurement points with equal delta flows (the difference in the flow rates should be equal from measurement point to measurement point) shall be taken. This results in one P-Q curve for constant pressure (water head in m).

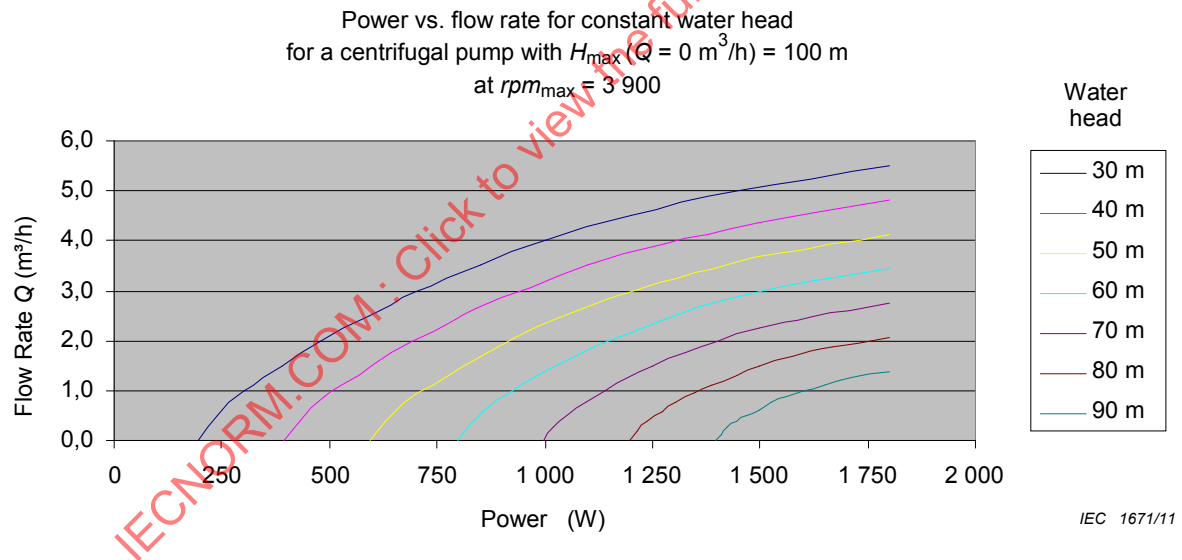


Figure 3 – Example of a P-Q diagram

For field application a simplified procedure is applied:

The PV pumping system is installed at the desired location. A pressure sensor is brought into the well to determine the real water pumping head H [m] (static + dynamic water head). The flow rate of pumped water Q [l/s] is measured either with a calibrated flow meter or with the bucket method mentioned in 5.2. At the input of the converter DC voltage V [V] and current I [A] are measured. With these measurement the efficiency of the converter-motor-pump subsystem can be calculated ($g = \text{earth gravity} = 9,81 \text{ m/s}^2$):

$$\eta = \frac{H \times Q \times g}{I \times V}$$

5.3.3 H-Q characterisation

In this characterisation the systems power is varied so that the pump runs at a set speed (parameter n). One of the speeds included in the characterisation should include the speed equivalent to the measured manufacturer data which for a.c. pumps would be related to the inverter output frequency (US data (60 Hz) – EU data (50 Hz)).

The procedure is:

- Initially the pumping system shall be run at nominal speed for 5 min at low pressure with open valves in order to get air bubbles out of the test loop.
- The valve is then set in a way that the pump is running against its full head. (For centrifugal pumps the valve can be fully closed, for displacement pump the valve is closed so that the rated maximum head of the pump is reached.)
- From this point the valve is opened in steps so that the maximum flow is reached.
- Every time a new point is reached, the input power has to be adjusted so that the set speed is reached again (parameter n). For this purpose, the PV generator simulator or real PV generator I-V characteristics shall be as specified in the system design.
- Between closed valve and opened valve at least 5 measurement points for equal delta flows shall be taken. This results in one H-Q curve for constant speed, whereas voltage and current might differ.
- This procedure is repeated for other speeds. A set of 5 curves should be taken where the speed difference corresponds to 5 Hz.

Figure 4 shows an example graphic presentation.

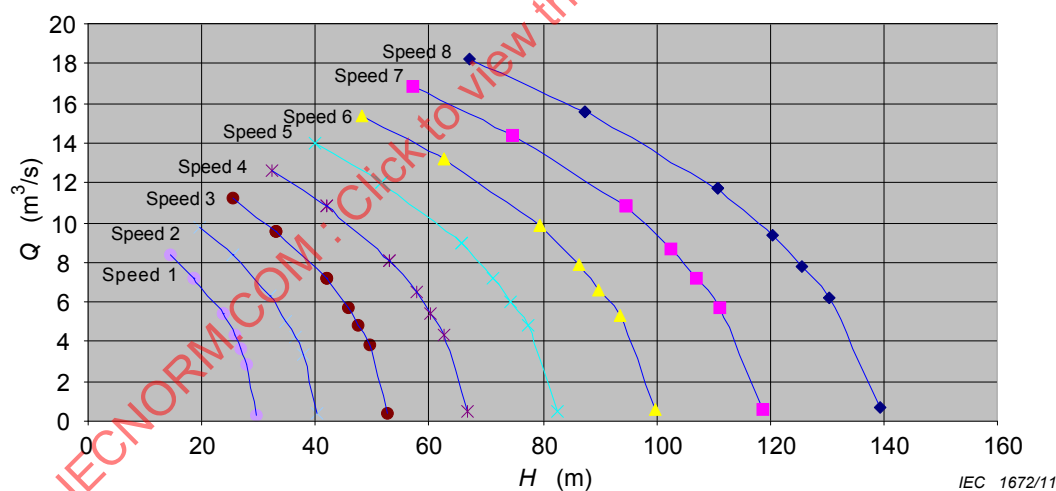


Figure 4 – Example of an H-Q diagram for the same pump at different rotational speeds

5.3.4 Start-up power measurements

This test is for the determination of the minimum power needed to start a photovoltaic pumping system. This test is obsolete for centrifugal pumps if no non-return valve is installed in the pump.

The pump is switched off. The pre-pressurised air chamber is filled 50 % with water and air pressure is applied until the nominal head of the pump is reached in the system. The pressure-sustaining device (e.g. a pressure controlled valve) is as well set to this head value (see Figure 2). The PV generator simulator is set to a maximum current value (irradiance) and the system is started. This procedure is repeated from low value to high value until the system starts, runs stable for 2 min and does not trip. This is the needed start up power for the specified head.

For displacement pumps the procedure applies in the same way. The difference to centrifugal pumps is that with each start up test a water film is sucked between rotor and stator and serves as lubricant. This reduces the friction and therefore the start-up power. As in practice between shut down in the evening and start up in the morning there are several hours during which the water film is pressed out, a waiting time between 2 start-up tests of 2 h is appropriate for helical rotor pumps.

6 Design qualification for a pumping system

6.1 General

A fundamental requirement for planning solar energy pumping systems is that adequate data is available for use as a basis. On the one hand sufficient data from the customer shall be made available to the planner and on the other hand the planner shall take reliable data from the component manufacturer as a basis.

This clause gives a guideline on how to properly design a solar pumping system for optimized operation.

6.2 Customer data

a) Geographical

- Longitude, latitude, topography

Longitude and latitude define the site where the system is located. The topography defines the local situation, e.g. orientation of the generator in azimuth and elevation, shading conditions and air quality (humidity and dust level).

b) Climatic data

- Irradiation: Design basis: IEC 61725. NASA data.

If there is no data given by the customer, use the default irradiation data of IEC 62124:2004, Table A.1.

- Temperature data: average, min, max.

If there is no data given by the customer, use the default average ambient temperature of 30 °C.

- Precipitation.
- Maximum and average wind speed.

c) Specific local conditions

- Well data or data of the water source:
 - well depth (static head), well diameter;
 - well productivity ($Q_{\max}$ in m³/h and total pumping head at this level) and evidence of well suitability;
 - dynamic water level (the well output is determined according to international or national regulations);
 - TDH (total dynamic head, including the friction losses of the piping system);
 - required daily water supply under defined worst condition (irradiance, date, water head).

For adjusting the pressure in the pre-pressurised air chamber, also see Table 3.

Water quality shall be according to international or national regulations, indication of dirt or sand particles.

d) Water demand

- Required daily water supply under defined worst condition (irradiance, date, water head) as Q_d in m³/day

- Consumption profile

e) Project description

- Site description (including photographs where available)
- Type of site with height data for the determination of the total pump head, TDH, piping systems, (length, diameter)
- Existing or planned buildings
- Vegetation with regard to shading
- Storage and distribution facilities
- Water tank, other distribution or storage facilities including technical specifications

The required data supplied by the customer leads to diagrams 1 and 2 and to the value v (average daily pumped water) of Figure A.1 (example for a direct coupled PV centrifugal pumping system). This is the basis of the design performed by the systems supplier.

Table 3 – Pressure in bars for equivalent heads of water

Head m	Pressure hPa		Head m	Pressure hPa		Head m	Pressure hPa
5	0,49		40	3,92		75	7,36
10	0,98		45	4,41		80	7,85
15	1,47		50	4,91		85	8,34
20	1,96		55	5,40		90	8,83
25	2,45		60	5,89		95	9,32
30	2,94		65	6,37		100	9,81
35	3,43		70	6,87			

For templates for the capture of data, see Clause A.2.

6.3 System characteristics

(See the example of a centrifugal pumping system in Figure A.1 for further details.)

From the available data the system supplier defines the following plant characteristics:

- Dynamic pump head H including pressure losses due to pipe friction, measuring appliances and well draw-down over volume flow Q (see curve 1 in Figure A.1).
- Solar irradiance profiles (see curve 2 in Figure A.1).
- Power characteristic of the photovoltaic generator (see curve 3 in Figure A.1) dependent on the irradiation under the operational (ambient temperature) important is the temperature of the PV module cells conditions and with regard to the generator setting angle. This figure shall be given by at least four points ($G_{\max}$, $0,8 \times G_{\max}$, $0,6 \times G_{\max}$, $0,4 \times G_{\max}$).
- The PV-generator should be defined by the following characteristic: electrical output P over irradiation G . This characteristic is formed from the maximum power points (MPPs) for various irradiances at the module temperatures occurring for set limiting conditions. The limiting conditions (air temperature, wind speed) taken as a basis by the manufacturer when establishing the characteristic should be quoted. Possible deviations of the converter from the MPPs should be taken into account when quoting the PV-generator characteristic. With direct-coupled DC motors the adaptation of the generator characteristic to the motor operation is to be observed. Voc of the PV generator has to be considered as well, U_{oc} must be $< U_{\max}$ of the converter electronics at any ambient conditions.

- The volume flow rate should be stated for the course of irradiation and for these plant characteristics. It shall be defined by at least four points ($G_{\max}$, $0,8 \times G_{\max}$, $0,6 \times G_{\max}$, $0,4 \times G_{\max}$).
- The integral of the flow rate graph represents the quantity of water pumped daily. This value should meet the value of the required volume within a tolerance of -5% to $+20\%$.

It may become apparent during the dimensioning of the system that an optimal design that achieves within -5% / 20% of the daily requirement is not possible due to the discrete design parameters (e.g. number of strings). If this is the case, an agreement shall be reached with the operator, and if necessary, the operator's criteria should be modified.

6.4 Dimensioning of hydraulic equipment

Pressure loss calculations need not be made if the following dimensioning criteria are fulfilled: Piping should be dimensioned to achieve feasible friction losses. Recommended maximum friction loss is 5% (at STC) of total dynamic head. The nominal flow rate of water meters should be at least 1,5 times the maximum volume flow rate.

6.5 Documentation

6.5.1 General

The documentation shall serve as reference for the way the design was performed. It shall outline the data and assumptions on which the design was based as well as the process used in the design. Measures for a safe, sustainable and environmental friendly operation shall be stated. By this, in case the installed system does not comply with the requirements, the documentation will help in the discussion.

6.5.2 Operating and maintenance handbook for the pump maintenance staff at the PV pumping site

This document shall contain easily comprehensible descriptions with simple figures covering the following topics:

- Standard operational procedures such as start-up and shut-down
- Functional description, description of functional supervision and interpretation of status and error indicators
- Rules for action on faulty operation
- Instructions on safety techniques
- Personal safety behaviour, protection against electric shocks
- Maintenance work such as cleaning

A logbook should be established in order to gain continuous operation information. The document shall be written in the language common to the country and in English.

6.5.3 Maintenance handbook covering operation, repair and servicing

This document shall contain easily comprehensible descriptions with simple figures covering the following topics:

- Installation instructions
- Functional description
- Operation and servicing instructions with details of service schedules, with start-up instructions and with troubleshooting checklists for the plant as a whole
- Schematic description in the form of an overview plan with references to the relevant detail plans

- Electrical circuit and regulation diagrams, implementation plans, wiring and terminal diagrams
- Parts list in agreement with the graphical documents quoting all the data necessary for an order
- Exploded drawings of the pump unit with particular attention paid to the labelling of working parts

The document shall be written in the language common to the country and in English.

6.6 Design check of the PV pumping system in respect to the daily water volume

For the given hydraulic characteristics of the system performance curve in the characteristics, P over Q can be marked. Using this performance characteristic curve it is possible to determine the volume flow rates from the daily course of irradiation over the PV-generator output and from the performance plant characteristic.

The dimensioning as part of the total design is accepted if the volume flow rates, determined in the way described above, have a maximum deviation of -5% to $+20\%$ (plus allowance for the measurement tolerance) for the $G_{\max}$, $0,8 \times G_{\max}$, $0,6 \times G_{\max}$, $0,4 \times G_{\max}$ points for the volume flow rate corresponding to the daily water volumes to be pumped.

Measurement is calculated using the individual tolerances of the sensors allowing for measuring transducer error. The measurement should be defined to a maximum uncertainty of 3% of the measured value.

For a field application the calculated subsystem efficiency in 5.3.2 can be used to check against the calculated value. It has to be taken in consideration that the power degradation of the PV generator can be up to 30% depending on high cell temperatures ($>70\text{ }^{\circ}\text{C}$), aging and dirt on the surface.

6.7 Recording of the measured parameters

In all cases a laboratory logbook should be kept, in which all original measured quantities are recorded.

As shown in Figure 1 (point D), different measured parameters are appropriate to different system configurations. In addition, different laboratories will have different measurement capabilities. It is therefore proposed that for each system configuration (A to D) there shall be defined a set of core-measured parameters and a set of optional measured parameters. The core parameters are straightforward to measure, requiring only basic equipment, and are the minimum data set needed to characterise the system. It is expected that all participating laboratories will measure all the core parameters. The optional parameters may require more sophisticated measurement equipment.

Table 4 summarises the core and optional parameters for each system configuration defined in Clause 3.

Table 4 – Core and optional parameters to be measured and recorded

No	Parameter	Symbol	Unit	A	B	C	D	Uncertainty
1	Generator voltage	V_a	V	Core	Core	Core	Core	≤ 1 %
2	Generator current	I_a	A	Core	Core	Core	Core	≤ 1 %
3	Pressure as measured	p	bar	Core	Core	Core	Core	≤ 2 %
4	Flow rate	Q	m ³ /h	Core	Core	Core	Core	≤ 2 %
5	Motor voltage	V_m	V		Core			≤ 1 %
6	Motor current	I_m	A		Core			≤ 1 %
7	Motor voltage (multi-phase AC)	V_{rms}	V				Option	≤ 1 %
8	Motor current (multi-phase AC)	I_{rms}	A				Option	≤ 1 %
9	Power factor	α	frac				Option	≤ 1 %
10	AC frequency (or DC switching frequency)	f	Hz			Option	Option	≤ 2 %
11	Motor speed	n	min ⁻¹	Option	Option	Option	Option	≤ 2 %
12	Torque at motor-pump coupling	T	Nm	Option	Option	Option	Option	≤ 2 %
13	Water temperature (at inlet)	t	°C	Core	Core	Core	Core	≤ 2 %

Key	Meaning
Core	Basic parameter that should be measured by all laboratories
Option	Optional parameter that may be measured by those with the appropriate facilities
	Not applicable
Uncertainty	Maximum uncertainty of the measured value
Symbol	Symbol of the SI units.

Annex A (informative)

Performance diagram, component characteristics and definitions

A.1 Diagrams to show system performance for centrifugal pumping system

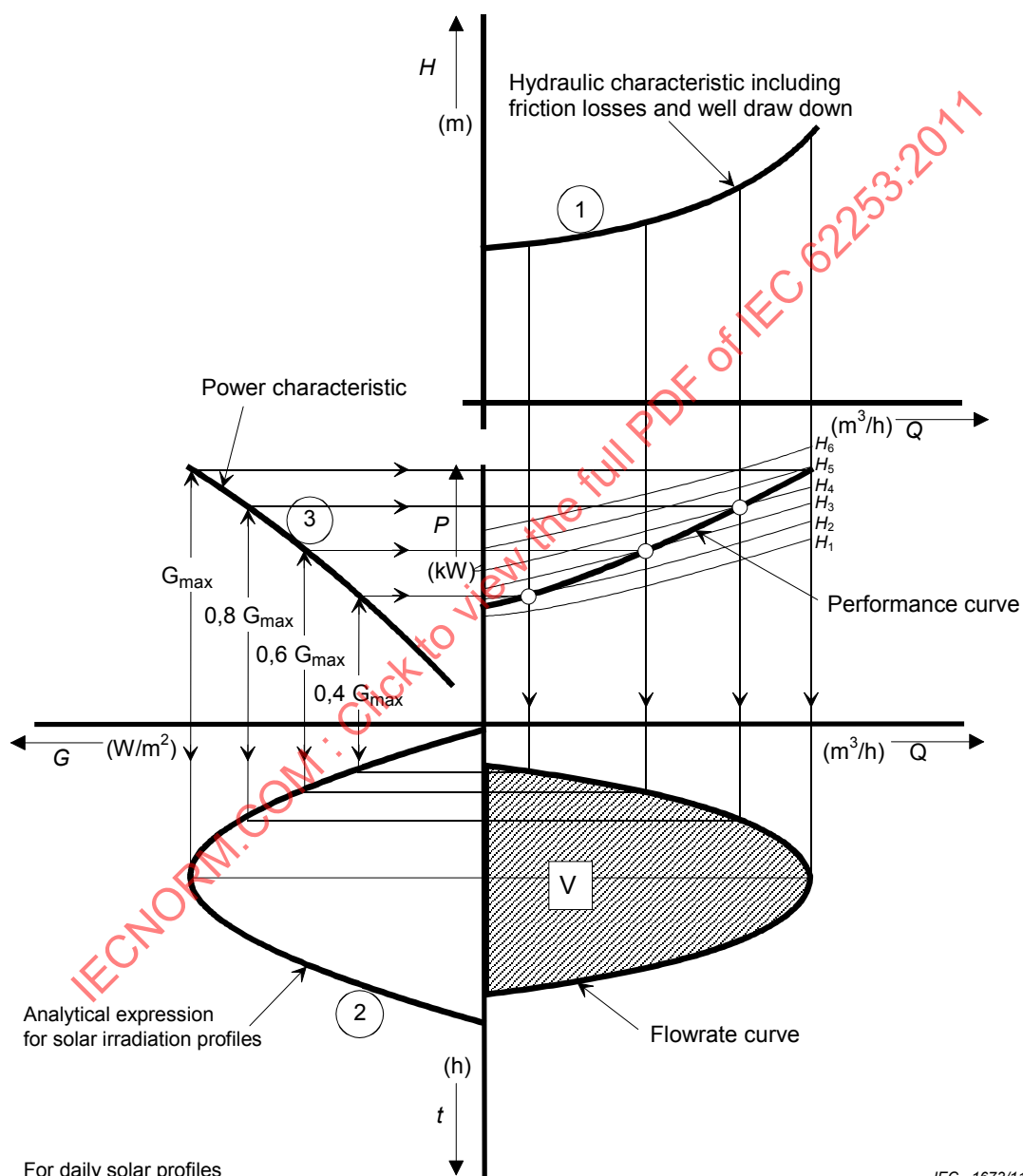


Figure A.1 – System performance for a centrifugal pumping system

A.2 Technical data, component characteristics (to be supplied by component manufacturers)

PV-Generator

Module manufacturer: _____

Module type: _____

Number of modules (serial x parallel): _____

Module size: _____

Modules certified according to

IEC 61215, IEC 61646 and IEC 61730, ☐ Yes ☐ No

I-V characteristics of PV-generator at corresponding ambient temperatures (PV-module cell temperature) and irradiance levels.

300 W/m² to 1000 W/m² in 100 W/m² steps

The output data should contain the mismatch losses. The PV-generator data should be given for the expected ambient temperature (PV-module cell temperature) range and at a wind speed of 1 m/s.

PV-Converter (as applicable)

Manufacturer: _____

Output:
DC, EC ☐
AC mono-phase ☐
AC, three-phase ☐

Type: _____

Input voltage: $U_N =$ _____ V
 $U_{min} =$ _____ V
 $U_{max} =$ _____ V

MPPT Yes ☐ No ☐

Input current I_{max} _____ A
Input voltage U_{max} _____ V
Output: _____ VA/W
Output voltage range: _____ V
Output frequency range: _____ Hz if applicable
Output current: I_{max} _____ A

Converter efficiency progression from 0,05 P_N to P_N (see IEC 61683:1999 Table 1)

Motor

Manufacturer: _____ ☐ AC ☐ DC

Type: _____

Nominal output: _____ W

Nominal voltage/frequency: _____ V _____ Hz (if applicable)

Voltage operation range: _____

Nominal current: _____ A

Maximum current: _____

Power factor $\cos \varphi$: _____ at _____ Hz (if applicable)

Max. diameter and length of motor: _____ mm

Temperature range min.: _____ max.: _____ °C

Pump

Manufacturer: _____

Type: _____

Pump head: range of operation: _____ m nominal = _____ m

Volume flow: range of operation: _____ m³/h nominal = _____ m³/h

Max. diameter and length of pump: _____ mm

Temperature range min.: _____ max.: _____ °C

Other specifications

	yes	no
Dry running protection:	☐	☐
Overload protection	☐	☐
Other information:	_____	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62253:2011

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
1 Domaine d'application et objet	28
2 Références normatives	28
3 Termes, définitions, types et paramètres de systèmes.....	30
3.1 Termes et définitions	30
3.1.1 Convertisseur photovoltaïque	30
3.1.2 Assemblage de pompe photovoltaïque	30
3.1.3 Câble terminal de pompe photovoltaïque.....	30
3.1.4 Systèmes de pompe photovoltaïque	30
3.1.5 Systèmes de pompage photovoltaïques en fonctionnement autonome	30
3.1.6 Adaptation d'impédance	30
3.2 Types et paramètres de système	30
4 Exigences pour les composants du système	32
4.1 Généralités	32
4.2 Relations avec d'autres normes	32
5 Mesure de performance	33
5.1 Généralités	33
5.2 Montage d'essai	34
5.3 Essais de performance du système de pompage.....	35
5.3.1 Généralités	35
5.3.2 Caractérisation P-Q	36
5.3.3 Caractérisation H-Q	37
5.3.4 Mesures de puissance au démarrage	38
6 Qualification de conception pour un système de pompage	38
6.1 Généralités	38
6.2 Données du client.....	39
6.3 Caractéristiques du système	40
6.4 Dimensionnement de l'équipement hydraulique	41
6.5 Documentation	41
6.5.1 Généralités	41
6.5.2 Manuel de fonctionnement et de maintenance pour l'équipe de maintenance de la pompe sur le site de pompage photovoltaïque	41
6.5.3 Manuel de maintenance traitant du fonctionnement, des réparations et de l'entretien.....	41
6.6 Contrôle de conception du système de pompage photovoltaïque par rapport au volume d'eau quotidien	42
6.7 Enregistrement des paramètres mesurés	42
Annexe A (informative) Diagramme de performance, caractéristiques de performance et définitions	44
Figure 1 – Schéma de types de système pour l'essai (Dans le cas C, V_m et I_m peuvent être des tension et courant électroniquement commutés).....	31
Figure 2 – Exemple de circuit d'essai de pompe photovoltaïque en laboratoire	35
Figure 3 – Exemple de diagramme P-Q	37
Figure 4 – Exemple de diagramme H-Q pour la même pompe à des vitesses de rotation différentes.....	38
Figure A.1 – Performance du système pour un système de pompage centrifuge.....	44

Tableau 1 – Catégories de systèmes de pompage photovoltaïques pour l'essai	31
Tableau 2 – Définition des paramètres	32
Tableau 3 – Pression en bars pour des hauteurs de charges d'eau équivalentes	40
Tableau 4 – Paramètres principaux et facultatifs à mesurer et à enregistrer	43

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62253:2011

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES DE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUES – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET MESURES DE PERFORMANCE

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62253 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/647/FDIS	82/656/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62253:2011

SYSTÈMES DE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUES – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET MESURES DE PERFORMANCE

1 Domaine d'application et objet

Cette norme définit les exigences de conception, la qualification et les mesures de performance des systèmes de pompage photovoltaïques en fonctionnement autonome. Les mesures indiquées sont applicables à des essais à l'intérieur avec simulateur de générateur photovoltaïque ou à des essais à l'extérieur utilisant un générateur photovoltaïque réel. La présente norme s'applique à des systèmes avec des ensembles de motopompe connectés directement au générateur photovoltaïque ou par l'intermédiaire d'un convertisseur (continu-continu ou continu-alternatif). Elle ne s'applique pas aux systèmes comportant un dispositif de stockage de l'électricité sauf si ce dispositif de stockage n'est utilisé que pour le démarrage de la pompe (< 100 Wh).

Le but est d'établir une procédure de vérification de la conception d'un système de pompage photovoltaïque en fonction des conditions spécifiques liées à l'environnement. La présente norme traite des caractéristiques de conception suivantes des systèmes de pompage:

- Caractéristiques de puissance en fonction du débit à hauteur de charge de pompage constante
- Caractéristiques de hauteur de charge de pompage en fonction du débit à vitesse constante
- Paramètres et exigences de conception du système
- Spécification du système
- Exigences relatives à la documentation
- Procédure de vérification de la conception du système

L'objet de cette norme document est de déterminer les exigences permettant de vérifier les caractéristiques de performance de système du système de pompage photovoltaïque. Dans ce but, le montage d'essai est indiqué, les mesures et les écarts à considérer sont définis et une liste de contrôle pour l'extraction des données est établie.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60146 (toutes les parties), *Convertisseurs à semiconducteurs – Exigences générales et convertisseurs commutés par le réseau*

CEI 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-7-712, *Installations électriques des bâtiments – Partie 7-712: Règles pour les installations et emplacements spéciaux – Alimentations photovoltaïques solaires (PV)*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60947-1, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

CEI 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

CEI 61215, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61646, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61683:1999, *Systèmes photovoltaïques – Conditionneurs de puissance – Procédure de mesure du rendement*

CEI 61725, *Expression analytique des profils solaires journaliers*

CEI 61730-1, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction*

CEI 61730-2, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais*

CEI 61800-3, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 3: Exigences de CEM et méthodes d'essais spécifiques*

CEI 62103, *Équipements électroniques utilisés dans les installations de puissance*

CEI 62109-1, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*

CEI 62124:2004, *Systèmes photovoltaïques (PV) autonomes – Vérification de la conception*

CEI 62305-3, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62458, *Sound system equipment – Electroacoustical transducers – Measurement of large signal parameters* (disponible en anglais seulement)

CEI 62548¹, *Exigences de conception pour les groupes photovoltaïques (PV)*

ISO/DIS 9905, *Spécifications techniques pour pompes centrifuges – Classe 1 (ISO 9905:1994)*

¹ A publier.

3 Termes, définitions, types et paramètres de systèmes

3.1 Termes et définitions

3.1.1 Convertisseur photovoltaïque

Le convertisseur photovoltaïque convertit la tension continue du générateur photovoltaïque en tension continue forte ou faible ou convertit cette tension continue et/ou courant continu en tension alternative ou courant alternatif monophasé ou multiphasé

NOTE Le convertisseur photovoltaïque peut également inclure un équipement pour MPPT, surveillance, mesure et pour la protection

3.1.2 Assemblage de pompe photovoltaïque

L'assemblage de pompe photovoltaïque est constitué de la pompe (pompe centrifuge, pompe volumique à déplacement), du moteur d'entraînement et de la commande.

3.1.3 Câble terminal de pompe photovoltaïque

Un câble terminal de pompe photovoltaïque connecte le convertisseur photovoltaïque et l'assemblage de pompe

3.1.4 Systèmes de pompe photovoltaïque

Une installation photovoltaïque comprend principalement les composants et équipements suivants:

Générateur photovoltaïque, câblage, unité de contrôle (par exemple, onduleur, convertisseur continu/continu, etc.), moteur, pompe et tuyauterie hydraulique

3.1.5 Systèmes de pompage photovoltaïques en fonctionnement autonome

Les systèmes de pompage photovoltaïques en fonctionnement autonome sont des systèmes de pompage photovoltaïque sans connexion au réseau

3.1.6 Adaptation d'impédance

Convertisseur continu/continu pouvant inclure un MPPT ou suivi V/I probablement avec correction de température

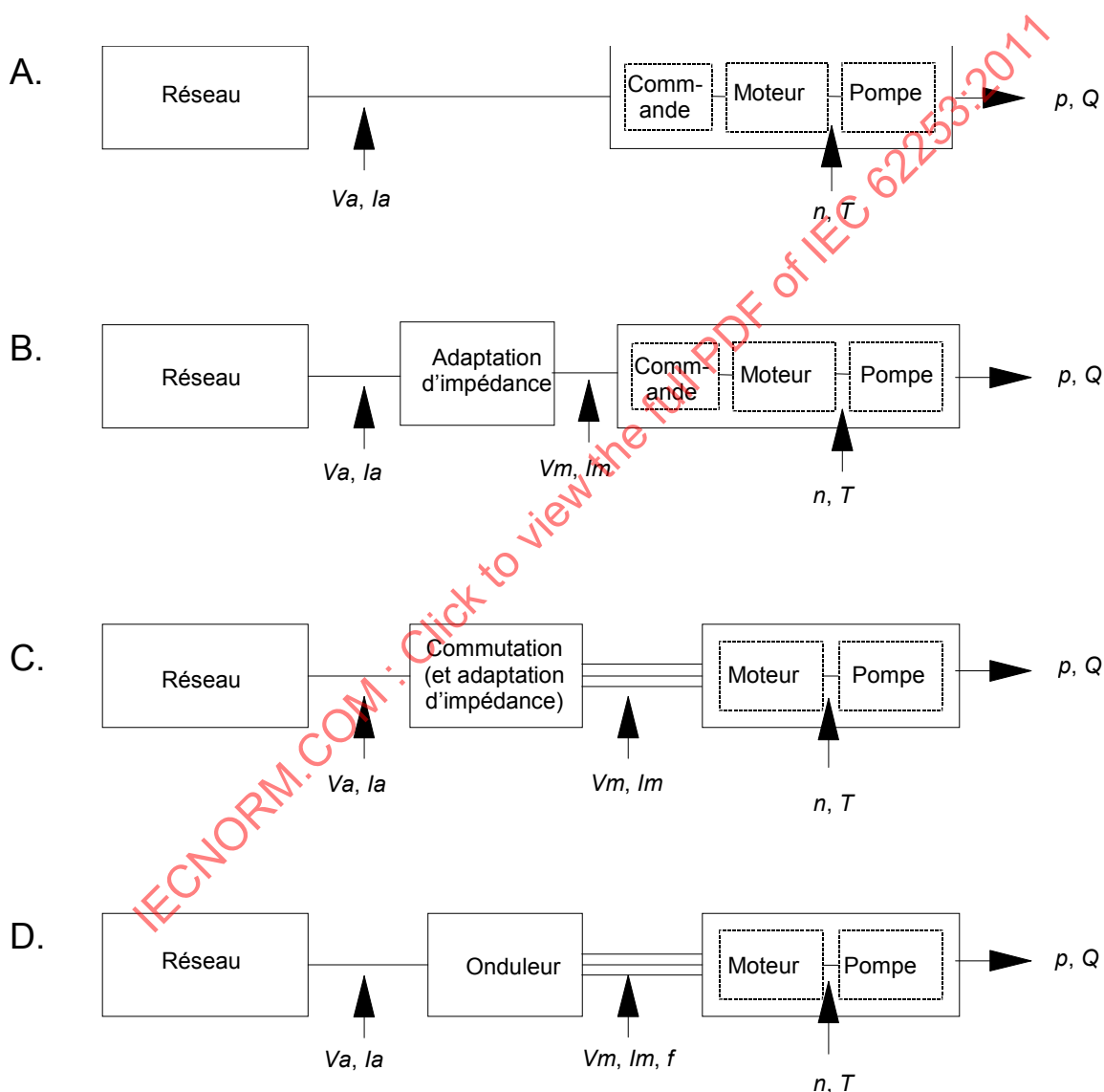
3.2 Types et paramètres de système

Pour les besoins de l'essai, les systèmes de pompage photovoltaïques peuvent être divisés en quatre catégories, comme représenté dans le Tableau 1. Les points d'accès de mesure dans le système définissent ces catégories.

La Figure 1 illustre les quatre agencements de base et définit les paramètres pouvant être mesurés en chaque point accessible dans le système. Les paramètres sont définis dans le Tableau 2.

Tableau 1 – Catégories de systèmes de pompage photovoltaïques pour l'essai

Types de système de pompage	
A.	Systèmes à courant continu directement connectés ou avec un circuit électronique de contrôle (adaptation d'impédance) intégré à la motopompe
B.	Systèmes à courant continu avec unité d'adaptation d'impédance séparée, connectée à une unité de motopompe commutée par balais ou par circuits électroniques, où les contrôles correspondants font partie intégrante de la motopompe
C.	Système à courant continu (sans balai) avec contrôle de commutation séparé (et adaptation d'impédance)
D.	Système avec onduleur continu/alternatif pour fonctionnement sur une motopompe standard à courant alternatif



IEC 1669/11

Figure 1 – Schéma de types de système pour l'essai
 (Dans le cas C, V_m et I_m peuvent être des tension et courant électroniquement commutés)

Tableau 2 – Définition des paramètres

N°	Paramètre	Sym	Unité
1	Tension continue du générateur	V_a	V
2	Courant continu du générateur	I_a	A
3	Tension continue en circuit ouvert du générateur	V_{oc}	V
4	Courant continu de court-circuit du générateur	I_{sc}	A
5	Tension continue au point de puissance maximale du générateur	V_{mpp}	V
6	Courant continu au point de puissance maximale du générateur	I_{mpp}	A
7	Pression mesurée	p	Pa
8	Débit	Q	m ³ /h
9	Tension continue ou alternative du moteur	V_m	V
10	Courant continu ou alternatif du moteur	I_m	A
11	Tension du moteur (alternative, multiphase)	V_{rms}	V
12	Courant du moteur (alternatif, multiphase)	I_{rms}	A
13	Facteur de puissance	λ	-
14	Fréquence du courant alternatif (ou fréquence de commutation du courant continu)	f	Hz
15	Vitesse du moteur	n	min ⁻¹
16	Couple au couplage motopompe	T	Nm
17	Température de l'eau (à l'entrée)	t	°C

4 Exigences pour les composants du système

4.1 Généralités

Un système de pompage photovoltaïque est généralement constitué des composants principaux suivants:

- Générateur photovoltaïque
- Convertisseurs électroniques séparés (dispositif d'adaptation d'impédance ou onduleur)
- Unité motopompe combinée

4.2 Relations avec d'autres normes

Les systèmes de pompage photovoltaïques constituent l'une des applications photovoltaïques. Les normes existantes pour les composants doivent donc être appliquées.

Il convient que les modules photovoltaïques soient conformes aux exigences des normes appropriées. Pour les modules photovoltaïques au silicium cristallin, la CEI 61215, pour les modules photovoltaïques en couches minces, la CEI 61646 et pour les exigences de sécurité pour les modules photovoltaïques, la CEI 61730-1 et la CEI 61730-2 s'appliquent. Il convient d'installer les générateurs photovoltaïques conformément à la CEI 62548. Il convient que la boîte de combinaison d'un générateur photovoltaïque porte une étiquette d'avertissement indiquant que les parties sous tension de la boîte de combinaison du générateur photovoltaïque peuvent toujours rester sous tension même après déconnexion du convertisseur.

Puisque les systèmes de pompage photovoltaïques sont des systèmes autonomes, la CEI 60364-7-712 s'applique également.

Il convient que les boîtes de combinaison des générateurs photovoltaïques et l'assemblage d'appareillage pour l'installation du convertisseur photovoltaïque soient conformes aux exigences de la CEI 60947-1. Une étiquette d'avertissement est requise dans la mesure où il convient que les fusibles ou les dispositifs de déconnexion ne soient pas retirés ou commutés en charge si de tels dispositifs sont installés côté courant continu.

Les unités de conditionnement d'énergie (convertisseur continu-continu, convertisseur continu-alternatif) doivent satisfaire aux exigences indiquées dans la CEI 62109-1.

Lors de la sélection de l'équipement électrique côté courant continu, il convient de s'assurer que l'équipement est adapté à une tension continue et à un courant continu. Les générateurs photovoltaïques sont destinés à être connectés en série jusqu'à la tension maximale en circuit ouvert du générateur photovoltaïque. Les spécifications respectives doivent être fournies par le fabricant du module. Si des diodes anti-retour sont nécessaires, leur tension inverse doit être assignée au double de la valeur de la tension en circuit ouvert du générateur photovoltaïque sous STC. Pour l'installation photovoltaïque, on doit se référer à la CEI 62458.

Il convient que le concept de protection soit conforme aux exigences concernant les chocs électriques (CEI 60364-4-41) et à la sécurité de fonctionnement du système. Les essais des composants électriques et des appareils électroniques doivent être conformes à la CEI 60146, à la CEI 62103 et à toutes les normes correspondantes.

La protection contre la foudre doit être conforme aux normes correspondantes et aux exigences de la CEI 62305-3.

La tenue à la chaleur humide des appareils électroniques doit être conforme aux conditions locales ambiantes selon la CEI 60068-2-30 (référence à l'essai cyclique de chaleur humide). 5 cycles doivent être faits pour les appareils électroniques.

Sévérité : Avec des installations pour application tropicale, la température augmente jusqu'à 55 °C maximum.
Avec des installations dans des climats tempérés, la température augmente jusqu'à 45 °C maximum.

La protection contre un contact, des corps étrangers et l'eau doit être conforme à la CEI 60529.

L'essai de type de la transportabilité d'un appareil électronique avec conditionnement doit être conforme à la CEI 60068-2-6.

L'évaluation de l'immunité à des grandeurs perturbatrices conduites et rayonnées doit être conforme aux CEI 61000-6-2, CEI 61000-6-3 et CEI 61800-3.

Les pompes peuvent être classées en 4 catégories principales, bien que des types supplémentaires puissent exister.

Les pompes centrifuges doivent satisfaire aux exigences indiquées dans l'ISO/DIS 9905, Classe I.

5 Mesure de performance

5.1 Généralités

La performance du système peut être déterminée par évaluation du système complet dans diverses conditions. La performance doit être évaluée soit dans des conditions de laboratoire (copiables et reproductibles), soit sur site pour l'essai d'acceptation. L'une des deux mesures est suffisante.

5.2 Montage d'essai

L'exigence minimale pour un montage d'essai pour une mesure de performance est définie comme suit (les incertitudes de mesures maximales sont indiquées dans le Tableau 4):

Electrique:

- Générateur photovoltaïque réel avec mesure de l'éclairement et du vent (pour l'acceptation sur site)
ou
Simulateur de générateur solaire photovoltaïque programmable capable de simuler une configuration de générateur solaire photovoltaïque donnée (à savoir, le nombre de modules, le type et la combinaison série/parallèle) pour essai en laboratoire.
- Type, longueur et diamètre de câble réels (pour l'acceptation sur site ou essai en laboratoire)
ou
Simulateur d'impédance de câble (pour essai en laboratoire).
- Equipement de mesure avec exactitude et précision acceptables pour la détection et l'enregistrement des paramètres énumérés dans le Tableau 2.

Hydraulique:

- Réservoir d'eau
- Ensemble motopompe
- Capteur de pression
- Réservoir d'air pressurisé à l'avance (où le niveau de pression peut être réglé)
- Capteur de débit
- Dispositif de maintien de pression
- Tuyau d'évacuation

Un exemple de schéma de circuit d'essai est représenté à la Figure 2.

NOTE Tout circuit d'essai équivalent (par exemple, pour des types de pompage différents) permettant de vérifier des caractéristiques hydrauliques et une performance du système correctes peut être utilisé, à condition qu'il garantisse la contre-pression initiale requise.

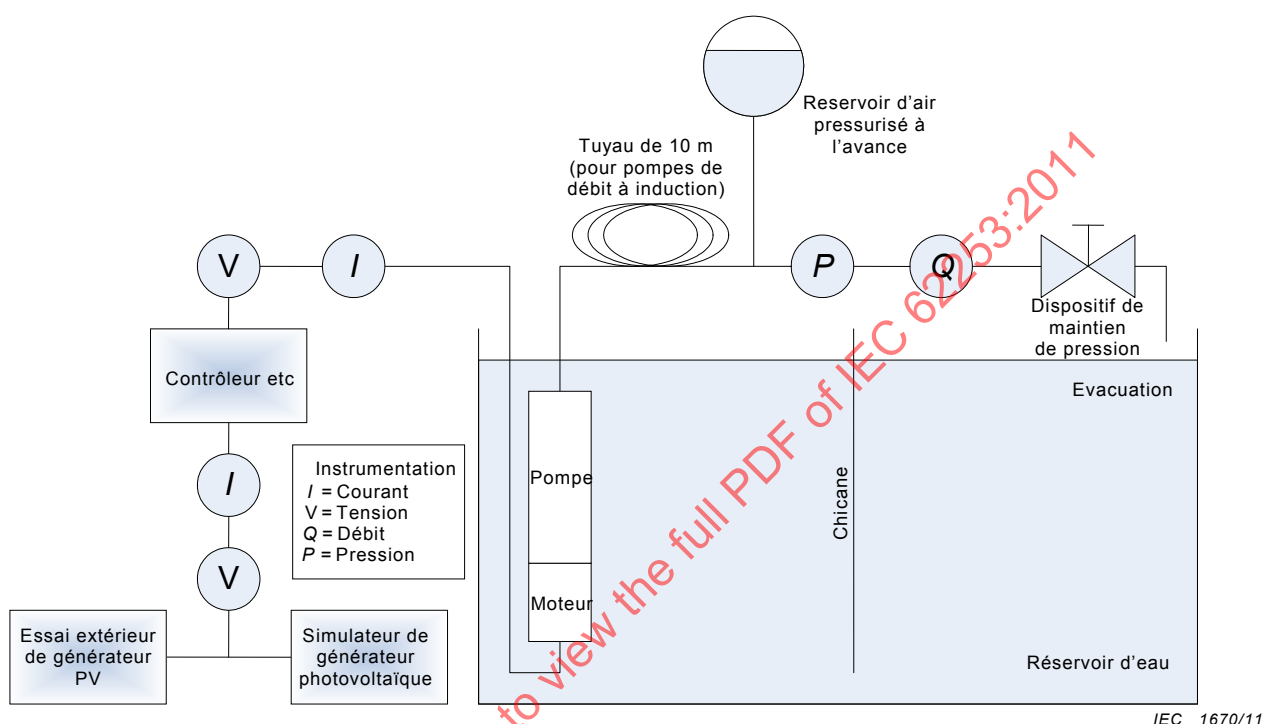
Il convient que le montage de tuyau entre la sortie de la pompe et le détecteur de pression ait le même diamètre que l'adaptateur de sortie du fabricant. On suppose que dans la plage de fonctionnement normal de la pompe, la chute de pression due aux pertes par frottement entre la sortie de la pompe et le détecteur de pression est négligeable et que la composante d'énergie cinétique de l'eau à la sortie de la pompe est faible par rapport à l'augmentation de l'énergie potentielle due à l'augmentation de la pression à travers la pompe. Il convient de vérifier ces hypothèses et si nécessaire, il convient de corriger l'effet sur le calcul de la puissance hydraulique. Il convient de l'indiquer dans le rapport d'essai.

Il convient de concevoir la configuration générale de la tuyauterie du système pour éviter des bouchons d'air.

Pour un essai de performance instantané, la pression peut être maintenue au moyen d'un simple robinet-vanne dans lequel une contre-pression est maintenue en limitant le débit. Il existe également des vannes spéciales disponibles qui maintiennent une pression amont constante (vannes de maintien de pression) bien qu'il convienne d'y apporter du soin, car leur performance peut être imprévisible. Certains laboratoires d'essais mieux équipés peuvent maintenir la pression au moyen d'un réservoir d'air pressurisé à l'avance fonctionnant avec une valve maintenant la pression à la sortie ou d'une colonne d'eau réelle (voir Tableau 3).

Si l'on utilise un débitmètre pour les mesures en laboratoire, il convient alors que l'extrémité du tuyau d'évacuation se trouve au-dessous de la surface de l'eau pour éviter des éclaboussures.

Cela pourrait provoquer un fluide mêlant eau/bulles d'air qui entrerait dans la pompe et affecterait son fonctionnement correct. Si la méthode du flotteur et du chronomètre (méthode sur site) est utilisée, il n'est pas possible d'évacuer l'eau au-dessous de la surface et ainsi, une chicane verticale doit être insérée dans le réservoir entre l'entrée de la pompe et le tuyau de retour de façon que l'eau soit obligée de passer au-dessous de la chicane, à proximité du fond du réservoir pour atteindre la pompe. De cette manière, toutes les petites bulles seront exclues, car elles resteront près de la surface. En variante, on peut disposer un grand tuyau autour de la pompe, son sommet traversant la surface et une découpe en arche à sa base permettant l'entrée de l'eau.



IEC 1670/11

Figure 2 – Exemple de circuit d'essai de pompe photovoltaïque en laboratoire

5.3 Essais de performance du système de pompage

5.3.1 Généralités

Les caractéristiques convenues dans la spécification du composant et de son implémentation doivent être vérifiées lors des essais de performance. Pendant l'essai de performance, les composants ou sous-systèmes sont soumis à diverses procédures d'essai et font l'objet d'un essai de conformité aux caractéristiques stipulées. Un premier contrôle de conception est effectué après avoir déterminé les courbes de performance, pour les comparer avec les données de conception de l'installation exigées. Les données pour le système dans son ensemble sont vérifiées sur site en exécutant l'essai de performance sur site. L'essai fournit toutes les informations et les courbes de performance nécessaires à considérer comme base pour l'essai de performance sur site.

Essai de performance en laboratoire: Un schéma du circuit d'essai du système de laboratoire requis est représenté à la Figure 2.

L'essai de rendement du convertisseur est exécuté conformément à la CEI 61683:1999 et il n'est donc pas détaillé dans la présente norme.

5.3.2 Caractérisation P-Q

Il est important d'effectuer l'essai de performance des systèmes de pompage à hauteur de charge constante (H) et puissance d'entrée variable (P) pour déterminer le débit résultant (Q). En laboratoire, ces courbes caractéristiques de hauteur de charge constante (H) de P par rapport à Q doivent être déterminées.

Il convient de déterminer les courbes de hauteur de charge constante (H) suivantes (il convient de prendre H_1 comme $H_{\min}$, sauf si le fabricant définit une hauteur de charge permise différente plus basse):

$$H_1 = 0,3 H_{\max}$$

$$H_2 = 0,4 H_{\max}$$

$$H_3 = 0,5 H_{\max}$$

$$H_4 = 0,6 H_{\max}$$

$$H_5 = 0,7 H_{\max}$$

$$H_6 = 0,8 H_{\max}$$

$$H_7 = 0,9 H_{\max}$$

Voir également la Figure 3 (exemple d'un système de pompage centrifuge) comme exemple de représentation graphique. $H_{\max}$ ($Q = 0$ pour les pompes centrifuges. Pour les autres types de pompes, par exemple les pompes à rotor hélicoïdal, $H_{\max}$ est défini par le fabricant comme la hauteur de charge fonctionnelle permise maximale) est la hauteur de charge de pompage maximale de la pompe à la vitesse maximale de sécurité du moteur ou à la fréquence maximale fournie par le convertisseur (dans le cas où celle-ci est inférieure à la vitesse de sécurité du moteur). Il convient de tenir compte des exigences de sécurité du fabricant de la pompe.

Le système de pompage doit fonctionner à vitesse nominale pendant 5 min à basse pression respectivement vannes ouvertes pour extraire les bulles d'air de la boucle d'essai.

La pression est réglée à une valeur fixe. On démarre les mesures à la pression la plus élevée. On fait varier la puissance d'entrée du système de haute à basse par échelons et on mesure le débit, dans ce but, les caractéristiques I-V du simulateur de générateur photovoltaïque ou du générateur photovoltaïque réel doivent être comme spécifié dans la conception du système. Entre une forte puissance d'entrée et une faible puissance d'entrée, au moins 5 points de mesure avec des débits delta égaux (il convient que la différence des débits soit égale d'un point de mesure à un autre) doivent être considérés. Ceci produit une courbe P-Q pour pression constante (hauteur de charge d'eau en m).

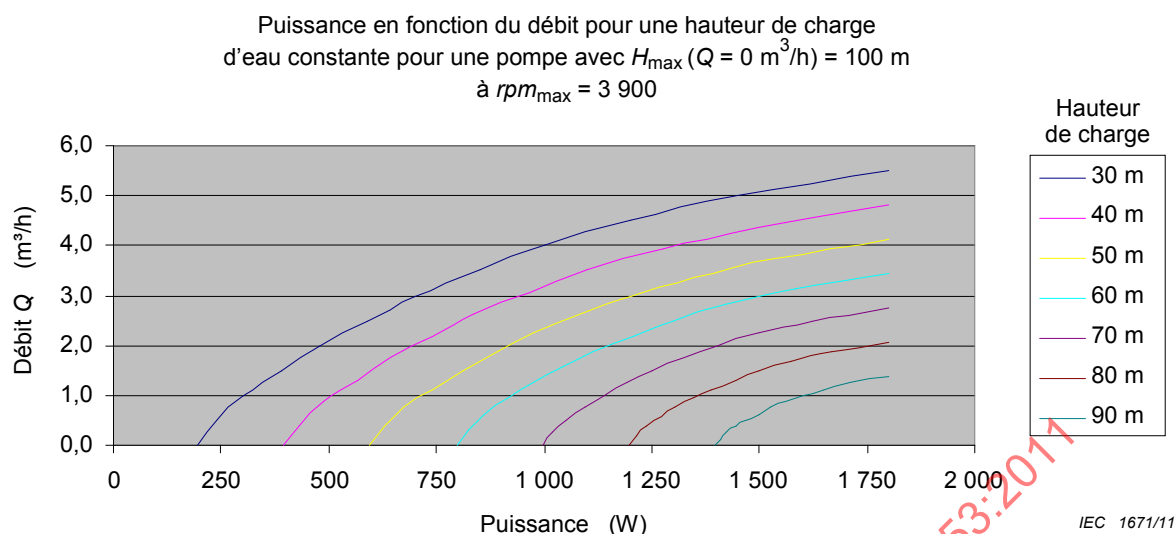


Figure 3 – Exemple de diagramme P-Q

Pour une application sur site, une procédure simplifiée est appliquée:

Le système de pompage photovoltaïque est installé à l'emplacement désiré. Un capteur de pression est amené dans le puits pour déterminer la hauteur de charge de pompage d'eau réelle H [m] (hauteur de charge d'eau statique + dynamique). Le débit de l'eau pompée Q [l/s] est mesuré, soit avec un débitmètre étalonné, soit avec la méthode du flotteur mentionnée en 5.2. À l'entrée du convertisseur, la tension V [V] et le courant I [A] continus sont mesurés. Avec ces mesures, le rendement du sous-système convertisseur-motopompe peut être calculé (g = accélération de la pesanteur = $9,81 \text{ m/s}^2$):

$$\eta = \frac{H \times Q \times g}{I \times V}$$

5.3.3 Caractérisation H-Q

Dans cette caractérisation, on fait varier la puissance du système de façon que la pompe fonctionne à une vitesse déterminée (paramètre n). Il convient que l'une des vitesses incluses dans la caractérisation comporte la vitesse équivalente aux données mesurées par le fabricant qui, pour des pompes à courant alternatif, est associée à la fréquence de sortie de l'onduleur (données pour les États-Unis (60 Hz) - données pour l'Europe (50 Hz)).

La procédure est la suivante:

- Le système de pompage doit fonctionner initialement à vitesse nominale pendant 5 min à basse pression avec les vannes ouvertes pour extraire les bulles d'air de la boucle d'essai.
- La vanne est ensuite réglée de façon que la pompe fonctionne à pleine hauteur de charge. (Pour les pompes centrifuges, la vanne peut être entièrement fermée, pour une pompe à déplacement, la vanne est fermée de sorte que la hauteur de charge maximale assignée de la pompe est atteinte.)
- A partir de ce point, la vanne est ouverte par échelons de façon à atteindre le débit maximum.
- A chaque fois qu'un nouveau point est atteint, la puissance d'entrée doit être réglée de façon que la vitesse de réglage soit de nouveau atteinte (paramètre n). Dans ce but, les caractéristiques I-V du simulateur de générateur photovoltaïque ou du générateur photovoltaïque réel doivent être comme spécifié dans la conception du système.

- On doit considérer au moins 5 points de mesure entre la vanne fermée et la vanne ouverte avec des débits delta égaux. Ceci produit une courbe H-Q pour vitesse constante, tandis que la tension et le courant peuvent différer.
- Cette procédure est répétée pour d'autres vitesses. Il convient de considérer un ensemble de 5 courbes où la différence de vitesse correspond à 5 Hz.

La Figure 4 montre un exemple de présentation graphique.

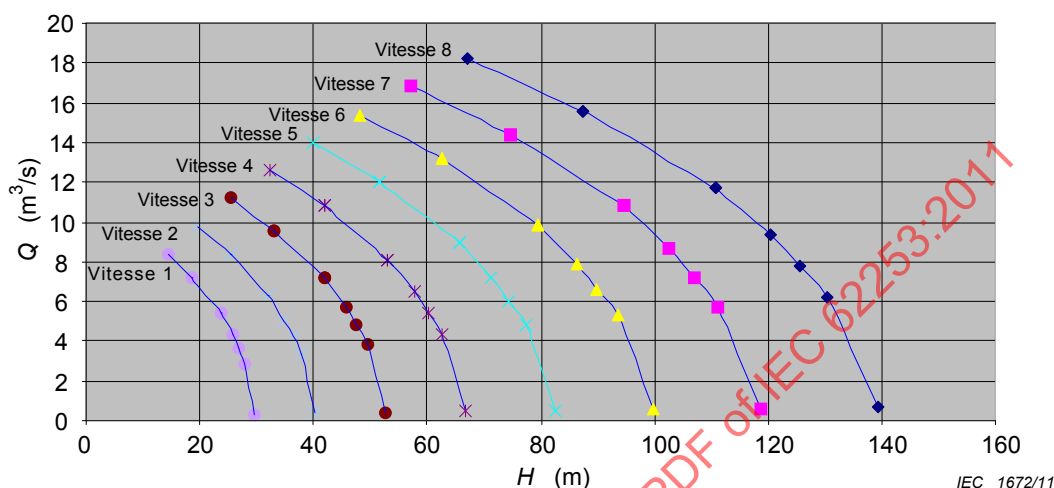


Figure 4 – Exemple de diagramme H-Q pour la même pompe à des vitesses de rotation différentes

5.3.4 Mesures de puissance au démarrage

Cet essai est destiné à déterminer la puissance minimale nécessaire pour démarrer un système de pompage photovoltaïque. Cet essai n'est plus d'actualité pour les pompes centrifuges si aucun clapet anti-retour n'est installé dans la pompe.

La pompe est arrêtée. Le réservoir d'air pressurisé à l'avance est rempli à 50 % d'eau et une pression d'air est appliquée jusqu'à ce que la hauteur de charge nominale de la pompe soit atteinte dans le système. Le dispositif de maintien de pression (par exemple, une vanne commandée en pression) est également réglé à cette valeur de hauteur de charge (voir Figure 2). Le simulateur de générateur photovoltaïque est réglé à une valeur de courant maximale (irradiation) et on démarre le système. La procédure est répétée de la valeur basse à la valeur haute jusqu'à ce que le système démarre, fonctionne de manière stable pendant 2 minutes et ne se déclenche pas. Ceci est la puissance de démarrage nécessaire pour la hauteur de charge spécifiée.

Pour les pompes à déplacement, la procédure s'applique de la même manière. La différence par rapport aux pompes centrifuges est qu'à chaque essai de démarrage un film d'eau est aspiré entre le rotor et le stator et sert de lubrifiant. Ceci diminue le frottement et donc la puissance de démarrage. Puisqu'en pratique entre l'arrêt du soir et le démarrage du matin le film d'eau est comprimé pendant plusieurs heures, un temps d'attente de 2 h entre 2 essais de démarrage est approprié pour les pompes à rotor hélicoïdal.

6 Qualification de conception pour un système de pompage

6.1 Généralités

Une exigence fondamentale pour la planification des systèmes de pompage à énergie solaire est la disponibilité de données adéquates destinées à être utilisées comme base. D'une part un