

NEK 446:2022

Fotovoltaiske solenergisystemer

Krav til testing, dokumentasjon og vedlikehold

Norsk elektroteknisk standard

Engelsk utgave 



NEK 446:2022

1. utgave

Norsk elektroteknisk standard

**Fotovoltaiske solenergisystemer
krav til testing, dokumentasjon og vedlikehold**



© NEK har opphavsretten til denne publikasjonen.

Ingen del av materialet må reproduseres på noen form for medium.

For opphevelse av NEKs Copyright kreves i hvert enkelt tilfelle skriftlig avtale med NEK.

CONTENTS

Forord	5
INTRODUKSJON	7
1 Omfang	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	9
4 System documentation requirements	11
4.1 General.....	11
4.2 System data.....	11
4.2.1 Basic system information.....	11
4.2.2 System designer information	11
4.2.3 System installer information	11
4.3 Wiring diagram.....	11
4.3.1 General	11
4.3.2 Array – General specifications.....	12
4.3.3 PV string information.....	12
4.3.4 Array electrical details.....	12
4.3.5 AC system	12
4.3.6 Earthing and overvoltage protection	12
4.4 String layout.....	13
4.5 Datasheets	13
4.6 Mechanical design information	13
4.7 Emergency systems	13
4.8 Operation and maintenance information.....	13
4.9 Test results and commissioning data	13
5 Verification	13
5.1 General.....	13
5.2 Inspection	14
5.2.1 General	14
5.2.2 DC system – General	14
5.2.3 DC system – Protection against electric shock	14
5.2.4 DC system – Protection against the effects of insulation faults	15
5.2.5 DC system – Protection against overcurrent	15
5.2.6 DC system – Earthing and bonding arrangements.....	15
5.2.7 DC system – Protection against the effects of lightning and overvoltage	16
5.2.8 DC system – Selection and erection of electrical equipment.....	16
5.2.9 AC system	16
5.2.10 Labelling and identification	16
5.3 Testing	17
5.3.1 General	17
5.3.2 Test regimes and additional tests	17
5.3.3 Test regimes for systems with module level electronics	17
5.3.4 Category 1 test regime – All systems.....	18
5.3.5 Category 2 test regime	19
5.3.6 Additional tests	19
6 Test procedures – Category 1	20
6.1 Continuity of protective earthing and equipotential bonding conductors	20

6.2	Polarity test.....	20
6.3	PV string combiner box test.....	20
6.4	PV string – Open circuit voltage measurement.....	20
6.5	PV string – Current measurement.....	21
6.5.1	General.....	21
6.5.2	PV string – Short circuit test.....	21
6.5.2.1.1	Overview.....	21
6.5.2.1.2	Comparison to calculated value.....	22
6.5.2.1.3	Comparison to adjacent string.....	22
6.5.3	PV string – Operational test.....	23
6.6	Functional tests.....	23
6.7	PV array insulation resistance test.....	23
6.7.1	General.....	23
6.7.2	PV array insulation resistance test – Test method.....	24
6.7.3	PV array insulation resistance – Test procedure.....	24
7	Test procedures – Category 2.....	25
7.1	General.....	25
7.2	String I-V curve measurement.....	26
7.2.1	General.....	26
7.2.2	I-V curve measurement of V_{OC} and I_{SC}	26
7.2.3	I-V curve measurement – Array performance check.....	26
7.2.4	I-V curve measurement – Identification of module / array defects or shading issues.....	27
7.3	PV array infrared camera inspection procedure.....	27
7.3.1	General.....	27
7.3.2	IR test procedure.....	28
7.3.3	Interpreting IR test results.....	28
8	Test procedures – Additional tests.....	29
8.1	Voltage to ground – Resistive ground systems.....	29
8.2	Blocking diode test.....	29
8.3	PV array – Wet insulation resistance test.....	30
8.3.1	General.....	30
8.3.2	Wet insulation test procedure.....	30
8.4	Shade evaluation.....	30
9	Verification reports.....	31
9.1	General.....	31
9.2	Initial verification.....	31
9.3	Periodic verification.....	32
	Annex A (informative) Model verification certificate.....	33
	Annex B (informative) Model inspection report.....	34
	Annex C (informative) Model PV array test report.....	37
	Annex D (informative) Interpreting I-V curve shapes.....	38
D.1	General.....	38
D.2	Variation 1 – Steps or notches in curve.....	39
D.3	Variation 2 – Low current.....	39
D.4	Variation 3 – Low voltage.....	39
D.5	Variation 4 – Rounder knee.....	40
D.6	Variation 5 – Shallower slope in vertical leg.....	40

D.7 Variation 6 – Steeper slope in horizontal leg41

Figure 1 – Example sun-path diagram31

Figure D.1 – I-V curve shapes38

Table 1 – Modifications to the test regime for systems with module level electronics18

Table 2 – Minimum values of insulation resistance – PV arrays up to 10 kWp.....25

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FOTOVOLTAISKE SOLENERGISYSTEMER – KRAV TIL TESTING, DOKUMENTASJON OG VEDLIKEHOLD –

Del 1: Nettilkoblede systemer – Dokumentasjon, oppstartstester og inspeksjon

Forord

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) er en verdensomspennende organisasjon for standardisering som omfatter alle nasjonale elektrotekniske komiteer (IEC Nasjonale komiteer). Formålet med IEC er å fremme internasjonalt samarbeid om alle spørsmål som angår standardisering på det elektriske og elektroniske området. For dette formål og i tillegg til andre aktiviteter, publiserer IEC internasjonale standarder, tekniske spesifikasjoner, tekniske rapporter, offentlig tilgjengelige spesifikasjoner (PAS) og veiledninger (heretter referert til som "IEC-publikasjon(er)"). Utarbeidelsene er overlatt til tekniske komiteer; enhver IEC Nasjonalkomite som er interessert i emnet som behandles, kan delta i dette forberedende arbeidet. Internasjonale, statlige og ikke-statlige organisasjoner som har kontakt med IEC deltar også i denne forberedelsen. IEC samarbeider tett med International Organization for Standardization (ISO) i henhold til vilkår fastsatt i avtale mellom de to organisasjonene.
- 2) De formelle vedtakene eller avtalene om tekniske spørsmål som IEC uttrykker, er så nært som mulig, en internasjonal konsensus om de relevante emnene siden hver teknisk komité har representasjon fra alle interesserte nasjonale komiteer.
- 3) IEC-publikasjoner har form av anbefalinger for internasjonalt bruk og aksepteres i den forstand av de nasjonale komiteene. Selv om alle rimelige anstrengelser gjøres for å sikre at det tekniske innholdet i IEC-publikasjoner er nøyaktige, kan ikke IEC holdes ansvarlig for måten de brukes på eller for feiltolkninger fra sluttbrukere.
- 4) For å fremme internasjonal enhetlighet, forplikter de nasjonale komiteene seg til, i størst mulig grad, å anvende IEC-publikasjoner i sine nasjonale og regionale publikasjoner. Ethvert avvik mellom en IEC-publikasjon og den tilsvarende nasjonale eller regionale publikasjonen skal være tydelig indikert i den sistnevnte.
- 5) IEC gir ingen attestering av samsvar. Uavhengige sertifiseringsorganer tilbyr samsvarsvurderingstjenester og, i noen områder, tilgang til IEC-samsvarsmerker. IEC er ikke ansvarlig for noen tjenester utført av uavhengige sertifiseringsorganer.
- 6) Alle brukere bør sørge for at de har siste utgave av denne publikasjonen.
- 7) Det skal ikke knyttes noe ansvar til IEC eller dets direktører, ansatte, agenter, inkludert individuelle eksperter og medlemmer av tekniske komiteer og nasjonale komiteer for personskade, skade på eiendom eller annen skade av noen art, enten direkte eller indirekte, eller for kostnader (inkludert advokatsalærer) og utgifter som oppstår ved publisering, bruk av eller tillit til denne IEC-publikasjonen eller andre IEC-publikasjoner.
- 8) Det gjøres oppmerksom på bruk de normative referansene som er sitert i denne publikasjonen er uunnværlig for riktig anvendelse av denne publikasjonen.
- 9) Det gjøres oppmerksom på muligheten for at noen av elementene i denne IEC-publikasjonen kan være gjenstand for patentrettigheter. IEC kan ikke holdes ansvarlig for å identifisere noen eller alle slike patentrettigheter.

Denne konsoliderte versjonen av den offisielle IEC-standard og tillegget er utarbeidet for å gjøre det enklere for brukeren.

NEK IEC 62446-1 utgave 1.1 inneholder den første utgaven (2016-01) [dokumenter 82/1036/FDIS og 82/1056A/RVD] samt tillegg 1 (2018-08) [dokumenter 82/1415/FDIS og 82/1426/1426/

Denne endelige versjonen viser ikke hvor det tekniske innholdet er endret av tillegg 1. En egen Redline-versjon med alle endringer uthevet er tilgjengelig av denne publikasjonen.

Den internasjonale standarden IEC 62446-1 er utarbeidet av TC 82: Fotovoltaiske solenergisystemer.

Denne første utgaven utgjør en teknisk revisjon.

Denne utgaven inkluderer følgende tekniske endringer i forhold til NEK IEC 62446:2009:

- omfanget er utvidet til å omfatte et bredere spekter av systemtest- og inspeksjonsregimer for å omfatte større og mer komplekse PV-systemer.

Denne publikasjonen er utarbeidet i samsvar med ISO/IEC-direktivene, del 2.

En liste over alle deler i IEC 62446-serien, publisert under den generelle tittelen Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance, finnes på IEC-nettstedet.

Komiteen har bestemt at innholdet i basispublikasjonen og dens endring vil forbli uendret frem til stabilitetsdatoen som er angitt på IEC-nettstedet under "<http://webstore.iec.ch>" i dataene knyttet til denne publikasjonen. På denne dato vil publiseringen bli

- bekreftet på nytt,
- trukket tilbake,
- erstattet av en revidert utgave, eller
- endret.

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.

INTRODUKSJON

Nettilkoblede fotovoltaiske solenergisystemer forventes å ha en levetid på flere tiår og antagelig et behov for vedlikehold eller modifikasjoner på et tidspunkt i løpet av denne perioden. Byggearbeider eller elektriske arbeider i nærheten av solcellepanelet er svært sannsynlig, for eksempel takarbeider i tilknytning til panelet eller modifikasjoner (strukturelle eller elektriske) på en bolig med et solcelleanlegg. Eierskapet til det PV-systemet kan også endre seg over tid, spesielt for systemer montert på bygninger. Bare ved å gi tilstrekkelig dokumentasjon i utgangspunktet kan den langsiktige ytelsen og sikkerheten til solenergisystemet og arbeid, på eller ved siden av solenergisystemet, sikres.

Denne delen av NEK IEC 62446 er delt inn i to seksjoner:

- **Krav til systemdokumentasjon** - Denne delen beskriver informasjonen som skal gis i dokumentasjonen til kunden etter installasjon av et nettilkoblet fotovoltaisk solenergisystem.
- **Verifikasjon** – Denne delen inneholder forventet informasjon som gis etter første (eller periodisk) verifisering av et installert system. Det omfatter krav til inspeksjon og testing.

Denne delen av IEC 62446 refererer til IEC TS 62548:2013, som er i ferd med å bli konvertert til en internasjonal standard. Det er tenkt at arbeidet med den andre utgaven av IEC 62446-1 vil starte når IEC 62548 er fullført

FOTOVOLTAISKE SOLENERGISYSTEMER – KRAV TIL TESTING, DOKUMENTASJON OG VEDLIKEHOLD –

Del 1: Nettilkoblede systemer – Dokumentasjon, oppstartstester og inspeksjon

Omfang

Denne delen av NEK IEC 62446 beskriver den informasjonen og dokumentasjonen en kunde har krav på ved installasjon av et nettilkoblet fotovoltaiske solenergisystem. Den beskriver også igangsettingstester, inspeksjonskriterier og dokumentasjon som forventes for å verifisere sikker installasjon og korrekt drift av systemet. Den kan også brukes til periodisk retesting.

Denne delen av NEK IEC 62446 er skrevet for nettilkoblede fotovoltaiske solenergisystemer som ikke inneholder energilagring (f.eks. batterier) eller hybridsystemer.

Denne delen av NEK IEC 62446 er til bruk for systemdesignere og installatører av nettilkoblede solcellesystemer som en mal for å gi effektiv dokumentasjon til en kunde. Ved å detaljere de forventede oppstartstestene og inspeksjonskriteriene, er det meningen å hjelpe til med verifisering/inspeksjon av et nettilkoblet solcelleanlegg etter installasjon og for etterfølgende re-inspeksjon, vedlikehold eller modifikasjoner..

Denne delen av NEK IEC 62446 definerer de forskjellige testregimene som forventes for forskjellige fotovoltaiske solenergisystemer for å sikre at testregimet brukes som passende for størrelsen, typen og kompleksiteten til det aktuelle systemet.

MERKNAD Denne delen av NEK IEC 62446 omhandler ikke CPV-systemer (konsentrerende PV), men mange av delene kan gjelde.

Normative references

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

IEC 60364-6, *Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification*

IEC 62548:2016, *Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements*

NOTE In some countries IEC 60364-7-712 is preferred over IEC 62548. Both standards are expected to provide similar results.

IEC 61730 (all parts), *Photovoltaic (PV) module safety qualification*

IEC 61557 (all parts), *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures*

IEC 61010 (all parts), *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use*

IEC 60891:2009, *Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics*

Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

AC module

PV module with an integrated inverter in which the electrical terminals are AC only

3.2

cable type

description of a cable to enable its rating and suitability for a particular use or environment to be determined

Note 1 to entry: In many countries this is done via a code number (eg "H07RNF").

3.3

data sheet

basic product description and specification

Note 1 to entry: Typically one or two pages. Not a full product manual.

3.4

inspection

examination of an electrical installation using all the senses in order to ascertain correct selection and proper erection of electrical equipment

3.5

inverter

electric energy converter that changes direct electric current to single-phase or polyphase alternating current

3.6

micro inverter

small inverter designed to be connected directly to one or two PV modules.

Note 1 to entry: A micro inverter will normally connect directly to the factory fitted module leads and be fixed to the module frame or mounted immediately adjacent to the module.

3.7

module integrated electronics

any electronic device fitted to a PV module intended to provide control, monitoring or power conversion functions

Note 1 to entry: Module integrated electronics may be factory fitted or assembled on site.

3.8

PV array

assembly of electrically interconnected PV modules, PV strings or PV sub-arrays.

3.9

PV cell

most elementary device that exhibits the photovoltaic effect, i.e the direct non-thermal conversion of radiant energy into electrical energy

3.10

PV module

smallest complete environmentally protected assembly of interconnected PV cells

3.11**PV string**

circuit of one or more series-connected PV modules

3.12**PV string combiner box**

junction box where PV strings are connected which may also contain overcurrent protection devices, electronics and/or switch-disconnectors

3.13 **$I_{MOD_MAX_OCPR}$**

PV module maximum overcurrent protection rating determined by IEC 61730-2

Note 1 to entry: This is often specified by module manufacturers as the maximum series fuse rating.

3.14**reporting**

recording of the results of inspection and testing

3.15**testing**

implementation of measures in an electrical installation by means of which its effectiveness is proved

Note 1 to entry: It includes ascertaining values by means of appropriate measuring instruments, said values not being detectable by inspection.

3.16**verification**

all measures by means of which compliance of the electrical installation to the relevant standards is checked

Note 1 to entry: It comprises inspection, testing and reporting.

3.17**string wiring harness**

prefabricated cable assembly that aggregates the output of multiple PV string conductors along a single main cable

Note 1 to entry: The harness may or may not include fusing on the individual string conductors. The wiring harness typically does not include a disconnect device in line.

Note 2 to entry: An IEC standard for string wiring harnesses is under development.

3.18**Harness Sub Array****HSA**

group of PV strings connected in parallel using a string wiring harness

Note 1 to entry: For the purposes of this document, the HSA shall have a combined I_{SC-STC} of no greater than 30 A and combine no more than 10 PV strings.

Note 2 to entry: In some subclauses of this document, HSA tests are presented as an alternative to individual string tests. The 30 A and 10 string limits defined herein set the limit where a HSA test is considered a safe and valid alternative to individual string tests.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.