

ELEKTRITUULIKUD

**Osa 21: Elektrivõrguga ühendatud elektrituulikute elektri
kvaliteedi näitajate mõõtmine ja hindamine**

Wind turbines

**Part 21: Measurement and assessment of power quality
characteristics of grid connected wind turbines
(IEC 61400-21:2008)**

EESTI STANDARDI EESSÕNA

Käesolev Eesti standard:

- on Euroopa standardi EN 61400-21:2008 “Wind turbines - Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines” ingliskeelse teksti identne tõlge eesti keelde ning tõlgendamise erimeelsuste korral tuleb lähtuda ametlikes keeltes avaldatud tekstidest,
- omab sama staatust, mis jõustumisteate meetodil vastuvõetud originaalversioon,
- on kinnitatud Eesti Standardikeskuse 29.11.2010 käskkirjaga nr 252,
- jõustub sellekohase teate avaldamisel EVS Teataja 2010. aasta detsembrikuu numbris.

Standardi tõlkis Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudi assistent Jako Kilter, eestikeelse kavandi ekspertiisi teostas TTÜ dotsent Ülo Treufeldt, käesoleva standardi on heaks kiitnud tehniline komitee EVS/TK 19 “Kõrgepinge” ekspertkomisjon koosseisus:

Jako Kilter	Eesti Elektroenergeetika Selts
Rein Oidram	TTÜ elektroenergeetika instituut
Ülo Treufeldt	TTÜ elektroenergeetika instituut
Silver Sepp	Tehnilise Järelevalve Amet
Meelis Kärt	Tehnilise Järelevalve Amet
Enno Saluvec	Elering OÜ
Margus Sirel	Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ
Jüri Loorens	OÜ Tehnokontrollikeskus

Standardi tõlke koostamisetpaneku esitas EVS/TK 19 “Kõrgepinge”, standardi tõlkimist korraldas Eesti Standardikeskus ning rahastas Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.

Standardi mõnedele sätetele on lisatud Eesti olusid arvestavaid märkusi, selgitusi ja täiendusi, mis on tähistatud Eesti maatahisega EE.

Standardis sisalduvad arväärtusrajad eessõnadega *alates* ja *kuni* sisaldavad alati, nagu ka senistes eestikeelsetes normdokumentides, kaasaarvatult rajaväärtust ennast.

Euroopa standardimisorganisatsioonide poolt rahvuslikele liikmetele Euroopa standardi teksti kättesaadavaks tegemise kuupäev on 07.11.2008.

Date of Availability of the European Standard EN 61400-21:2008 is 07.11.2008.

Käesolev standard on eestikeelne [et] versioon Euroopa standardist EN 61400-21:2008. Teksti tõlke avaldas Eesti Standardikeskus ja see omab sama staatust ametlike keelte versioonidega.

This standard is the Estonian [et] version of the European Standard EN 61400-21:2008. It was translated by Estonian Centre for Standardisation. It has the same status as the official versions.

ICS 27.180 Elektrituuliku energiasüsteemid

Võtmesõnad: tuul, elektrituulik, elektri kvaliteet, võrguühendus

Hinnagrupp V

Standardite reprodutseerimis- ja levitamiseõigus kuulub Eesti Standardikeskusele

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonsesse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel ilma Eesti Standardikeskuse poolt antud kirjaliku loata on keelatud.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, palun võtke ühendust Eesti Standardikeskusega:

Aru 10, 10317 Tallinn, Eesti; www.evs.ee; Telefon: 605 5050; E-post: info@evs.ee

English version

**Wind turbines -
Part 21: Measurement and assessment
of power quality characteristics of grid connected wind turbines
(IEC 61400-21:2008)**

Eoliennes -
Partie 21: Mesurage et évaluation
des caractéristiques de qualité
de puissance des éoliennes
connectées au réseau
(CEI 61400-21:2008)

Windenergieanlagen -
Teil 21: Messung und Bewertung
der Netzverträglichkeit
von netzgekoppelten
Windenergieanlagen
(IEC 61400-21:2008)

This European Standard was approved by CENELEC on 2008-10-01. CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CENELEC member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, the Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.

CENELEC

European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brussels

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1 KÄSITLUSALA.....	6
2 NORMIVIITED.....	6
3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED	7
4 TÄHISED JA ÜHIKUD	12
5 LÜHENDID.....	14
6 ELEKTRITUULIKU ELEKTRI KVALITEEDI ISELOOMULIKUD NÄITAJAD	15
6.1 Üldist	15
6.2 Elektrituuliku spetsifikatsioon	15
6.3 Pinge fluktuatsioonid	15
6.3.1 Üldist	15
6.3.2 Püsitalitus	15
6.3.3 Lülitustoimingud	16
6.4 Vooluharmonoonikud, vaheharmonoonikud ja kõrgemad sageduskomponendid	16
6.5 Reageering pingelohkudele	17
6.6 Aktiivvõimsus	18
6.6.1 Maksimaalne mõõdetud võimsus	18
6.6.2 Kasvukiiruse piirang	18
6.6.3 Seadesuuruse juhtimine	18
6.7 Reaktiivvõimsus	18
6.7.1 Reaktiivvõimsuse reguleerimise võime	18
6.7.2 Seadesuuruse juhtimine	19
6.8 Võrgukaitse	19
6.9 Taasühendamise aeg	19
7 KATSEPROTSEDUURID	20
7.1 Üldist	20
7.1.1 Katse kehtivus	20
7.1.2 Katse tingimused	20
7.1.3 Katseseade	21
7.2 Elektrituuliku spetsifikatsioon	22
7.3 Pinge fluktuatsioonid	22
7.3.1 Üldist	22
7.3.2 Fiktiivne võrk	23
7.3.3 Püsitalitus	24
7.3.4 Lülitustoimingud	27
7.4 Vooluharmonoonikud, vaheharmonoonikud ja kõrgemad sageduskomponendid	28
7.5 Reageering pingelohkudele	29
7.6 Aktiivvõimsus	31
7.6.1 Maksimaalne mõõdetud võimsus	31
7.6.2 Kasvukiiruse piirang	31
7.6.3 Seadesuuruse juhtimine	31
7.7 Reaktiivvõimsus	32
7.7.1 Reaktiivvõimsuse reguleerimise võime	32
7.7.2 Seadesuuruse juhtimine	32
7.8 Võrgukaitse	33
7.9 Taasühendamise aeg	34
8 ELEKTRI KVALITEEDI HINDAMINE	34
8.1 Üldist	34
8.2 Pinge fluktuatsioonid	35
8.2.1 Üldist	35
8.2.2 Püsitalitus	35
8.2.3 Lülitustoimingud	36
8.3 Vooluharmonoonikud, vaheharmonoonikud ja kõrgemad sageduskomponendid	37
Lisa A (teatmelisa) Näidisaruande vorm.....	39

Lisa B (teatmelisa) Pinge fluktuatsioonid ja värelus	49
Lisa C (teatmelisa) Aktiivvõimsuse, reaktiivvõimsuse ja pinge mõõtmine	57
Lisa ZA (normlisa) Normiviited rahvusvahelistele standarditele ja neile vastavatele Euroopa standarditele	59
Kasutatud kirjandus	60

JOONISED

Joonis 1 – Aktiivvõimsuse seadesuuruse seadistamine	18
Joonis 2 – Reaktiivvõimsuse seadesuuruse seadistamine	19
Joonis 3 – Mõõtesüsteemi eeldatavad elemendid	21
Joonis 4 – Fiktiivse pinge simuleerimiseks tarvilik fiktiivne võrk	23
Joonis 5 – Lühiseimitaatoriga süsteem katsetamiseks elektrituuliku reageeringut pingelohkudele	30
Joonis 6 – Pingelohu tolerants	30
Joonis B.1 – Elektrituuliku püsitalitluse väreluse mõõtmise ja hindamise protseduurid.....	49
Joonis B.2 – Elektrituuliku lülitustoimingute aegsete pingemuutuste ning väreluse mõõtmise ja hindamise protseduurid	50
Joonis B.3 – Värelustegur funktsioonina tuulekiirusest	51

TABELID

Tabel 1 – Pingelohkude määratlus. Määratletud ulatused, kestused ja kujud on kehtivad pingelohkudele, mis leiavad aset, kui katsetatav elektrituulik ei ole võrku ühendatud.....	17
Tabel 2 – Mõõteseadmete nõuete kirjeldus	22
Tabel 3 – EkspONENTIDE MÄÄRATLEMINE vastavalt standardile IEC 61000-3-6	37
Tabel B.1 – Igas tuulekiiruse mõõtevahemikus vahemikus käivitav tuulekiirus kuni 15 m/s olevate mõõtmiste arv $N_{m,i}$ ning esinemissagedused $f_{m,i}$ ja $f_{y,i}$	52
Tabel B.2 – Iga tuulekiiruse mõõtevahemiku kaalutegur w_i	52
Tabel B.3 – Kaaluteguri kogusumma korrutatuna kõikide tuulekiiruste mõõtevahemike mõõtmiste arvuga	53
Tabel B.4 – Värelustegurite kaalutud kumulatiivne jaotus $Pr(c < x)$ igale tuulekiiruse jaotusele.....	53
Tabel B.5 – Resulteeruv püsitalitluse värelustegur	54
Tabel B.6 – Tõenäosused ja protsentiilid erinevatele tuulekiirustele	54

EN 61400-21:2008 EESSÕNA

IEC tehnilise komitee TC 88 (*Wind turbines*) poolt koostatud standardikavandi 88/317/FDIS, tulevase rahvusvahelise standardi IEC 61400-21 teise väljaande tekst esitati IEC ja CENELEC-i paralleelsele hääletusele ja võeti CENELEC-i poolt 2008-10-01 vastu kui EN 61400-21.

Käesolev Euroopa standard asendab standardi EN 61400-21:2002.

Standard EN 61400-21:2008 sisaldab võrreldes standardiga EN 61400-21:2002 järgmisi uusi jaotisi:

- vaheharmoonikud ja voolu moonutused (< 9 kHz),
- reageering pingelohkudele,
- aktiivvõimsuse kasvukiiruse piirang ja seadesuuruse juhtimine,
- reaktiivvõimsuse reguleerimise võime ja seadesuuruse juhtimine,
- võrgukaitse ja taasühendamise aeg pärast võrguhäiringuid.

Kehtestati järgmised tähtpäevad:

- | | | |
|---|-------|------------|
| — viimane tähtpäev Euroopa standardi kehtestamiseks riigi tasandil identse rahvusliku standardi avaldamise või jõustumistega kinnitamisega teel | (dop) | 2009-07-01 |
| — viimane tähtpäev Euroopa standardiga vastuolus olevate rahvuslike standardite tühistamiseks | (dow) | 2011-10-01 |

Lisa ZA on lisanud CENELEC.

JÕUSTUMISTEADE

CENELEC kinnitas rahvusvahelise standardi IEC 61400-21:2008 teksti Euroopa standardina muutmata kujul.

Ametliku väljaande kirjanduse loetelus tuleb viidatud standarditele lisada alljärgnevad märkused:

IEC 61000-3-3	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 61000-3-3:2008 (muutusteta).
IEC 61000-4-30	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 61000-4-30:2003 (muutusteta).
IEC 61400-1	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 61400-1:2005 (muutusteta).

SISSEJUHATUS

Standardi IEC 61400 käesoleva osa eesmärk on sätestada ühtne metodoloogia, mis tagab elektrivõrguga ühendatud elektrituulikute elektri kvaliteedi näitajate esitamise, katsetamise ja hindamise järjepidevuse ja täpsuse. Elektri kvaliteedi näitajad hõlmavad siin elektrituulikute tehnilisi nõudeid, pinge kvaliteeti (välalise ja harmoonikute emissioonid), reageeringut pingelohkudele, võimsuse juhtimist (aktiiv- ja reaktiivvõimsuse juhtimine), võrgukaitset ja taasühendamise aega.

Standardi IEC 61400 käesolev osa on koostatud eeldusel, et seda rakendavad:

- elektrituuliku valmistaja eesmärgiga olla vastavuses reglementeeritud elektri kvaliteedi näitajatega;
- elektrituuliku ostja nende elektri kvaliteedi näitajate määratlemisel;
- elektrituuliku käitaja, kes peab vajadusel tõestama, et kehtestatud või nõutud elektri kvaliteedi näitajad on tagatud;
- elektrituuliku planeerija või regulaator, kes peab täpselt ja õiglaselt olema võimeline kindlaks määrama elektrituuliku mõju pinge kvaliteedile, tagamaks, et paigaldise projekteerimisel on arvestatud pinge kvaliteedi nõudeid;
- elektrituuliku sertifitseerimisasutus või komponentide katselabor, hinnates elektrituuliku tüübi elektri kvaliteedi näitajaid;
- elektrivõrgu planeerija või regulaator, kes peab olema võimeline kindlaks määrama elektrituulikule nõutavat võrguühendust.

Standardi IEC 61400 käesolev osa annab soovitusi elektrivõrguga ühendatud elektrituulikute elektri kvaliteedi näitajate mõõtmiste ettevalmistamiseks ja hindamiseks. Standardi IEC 61400 käesolev osa on kasulik nendele osapooltele, kes on seotud elektrituulikute tootmise, paigaldamise planeerimise, lubade hankimise, käitamise, utiliseerimise, katsetamise ja seadusandlusega. Standardi IEC 61400 käesolevas osas soovitatud mõõtmiste ja analüüsi protseduure peaksid kasutama kõik osapooled, tagamaks, et elektrituulikute pidev arendamine ja käitamine toimub järjepideva ja täpse infovahetusega õhkonnas.

Standardi IEC 61400 käesolev osa esitab mõõtmiste ja analüüsi protseduurid, mis eeldatavalt peaksid kindlustama järjepidevaid tulemusi, mida on teiste osapoolte poolt võimalik korrata.

1 KÄSITLUSALA

Standardi IEC 61400 käesolev osa sisaldab:

- elektrivõrguga ühendatud elektrituuliku elektri kvaliteedi iseloomustamiseks tarvilike suuruste mõisteid ja määratlusi;
- näitajate määratlemiseks tarvilikke mõõtmiste protseduure;
- protseduure elektri kvaliteedi nõuete vastavuse hindamiseks, sealhulgas hinnangut konkreetsele asukohta, võimalik et gruppidega paigaldatava elektrituuliku tüübi mõjust elektri kvaliteedile.

Mõõtmiste protseduurid kehtivad kolmefaasilist võrguühendust omavale ühele elektrituulikule. Mõõtmiste protseduurid kehtivad mis tahes võimsustega elektrituulikutele, ehkki standardi IEC 61400 käesolev osa nõuab ainult keskpinge ja kõrgepinge ühisliitumispunktidest mõeldud elektrituulikute tüüpide katsetamist ja kirjeldamist standardi IEC 61400 käesolevas osas määratletud viisil.

Mõõdetud näitajad kehtivad ainult hinnatava elektrituuliku tüübi kindlal konfiguratsioonil ja talitluse juhtimisviisil. Teistsugused konfiguratsioonid, sealhulgas muudetud juhtimissignaaliid, mis põhjustavad elektrituuliku teistsugust käitumist elektri kvaliteedi suhtes, vajavad eraldi hinnangut.

Mõõtmiste protseduurid on välja töötatud olemaks nii sõltumatud konkreetset asukohast kui võimalik, seega nii, et elektri kvaliteedi näitajad, mis on mõõdetud näiteks katsepolügonil, võib lugeda kehtivateks ka teistes kohtades.

Protseduurid elektri kvaliteedi nõuetele vastavuse hindamiseks kehtivad elektrituulikutele, millede ühisliitumispunkt asub kesk- või kõrgepinge elektrivõrgus, kus sageduse muutused ei ole suuremad kui ± 1 Hz, ja mis omab piisavat aktiiv- ja reaktiivvõimsuse reguleerimise võimet. Teistel juhtudel võib elektri kvaliteedi nõuetele vastavuse hindamise põhimõtteid ikkagi kasutada juhendamaterjalina.

Standardi IEC 61400 käesolev osa on mõeldud elektrituulikute katsetamiseks, ehkki see sisaldab informatsiooni, mis võib samuti olla kasulik tuuleelektrijaamade katsetamisel.

MÄRKUS Standardi IEC 61400 käesolev osa kasutab elektrivõrgu pingele määratlemisel järgmisi termineid:

- madalpinge (LV) seostub pingetega $U_n \leq 1$ kV;
- keskpinge (MV) seostub pingetega $1 \text{ kV} < U_n \leq 35$ kV;
- kõrgepinge (HV) seostub pingetega $U_n > 35$ kV.

2 NORMIVIITED

Alljärgnevalt loetletud dokumendid on vältimatult vajalikud käesoleva dokumendi rakendamiseks. Dateeritud viidete korral kehtib üksnes viidatud väljaanne. Dateerimata viidete korral kehtib viidatud dokumendi uusim väljaanne koos võimalike muudatustega.

IEC 60044-1, Instrument transformers – Part 1: Current transformers

IEC 60044-2, Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers

IEC 60050-161, International Electrotechnical Vocabulary – Part 161: Electromagnetic compatibility

IEC 60050-415, International Electrotechnical Vocabulary – Part 415: Wind turbine generator systems

IEC 61000-4-7:2002, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto

IEC 61000-4-15, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 15: Flickermeter – Functional and design specifications

IEC 61400-12-1, Wind turbines – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines

IEC 61800-3:2004, Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and specific test methods

IEC 62008, Performance characteristics and calibration methods for digital data acquisition systems and relevant software

EE MÄRKUS Ülalootetult on eesti keeles ilmunud alljärgnevalt nimetatud standardid.

EVS-EN 60044-1:2002+A2:2003, Mõõtetrafod. Osa 1: Voolutrafod

EVS-EN 60044-2:2002+A2:2003, Mõõtetrafod. Osa 2: Induktiivpingetrafod

EVS-IEC 60050(161):2000, Rahvusvaheline elektrotehnika sõnastik. Osa 161: Elektromagnetiline ühilduvus

3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED

Käesolevas standardis kasutatakse alljärgnevaid termineid ja määratlusi.

3.1

(elektrituuliku) püsitalitus (*continuous operation (for wind turbines)*)

elektrituuliku normaaltalitus, välja arvatud käivitus ja seiskumine

normal operation of the wind turbine excluding start-up and shutdown operations

3.2

(elektrituuliku) käivitav tuulekiirus (*cut-in wind speed (for wind turbines)*)

vähim tuulekiirus rummu kõrgusel, mille juures elektrituulik käivitub ja alustab võimsuse tootmist

lowest wind speed at hub height at which the wind turbine starts to produce power

[IEV 415-03-05]

3.3

(elektrituuliku) püsitalitluse värelustegur (*flicker coefficient for continuous operation (for wind turbines)*)

elektrituuliku püsitalitluses tekkiva väreluse emissiooni normaliseeritud mõõt:

$$c(\psi_k) = P_{st, fic} \times \frac{S_{k, fic}}{S_n}$$

kus

$P_{st, fic}$ on elektrituuliku väreluse emissioon fiktiivsesse elektrivõrku;

S_n on elektrituuliku niminäivvõimsus;

$S_{k, fic}$ on fiktiivse võrgu lühisvõimsus.

MÄRKUS Püsitalitluse värelustegur on sama nii lühiperioodile (10 minutit) kui pikale perioodile (2 tundi).

normalized measure of the flicker emission during continuous operation of the wind turbine:

$$c(\psi_k) = P_{st, fic} \times \frac{S_{k, fic}}{S_n}$$