

See dokument on EVS-i poolt loodud eelvaade

**KÕRGEPINGE KATSETEHNIKA**  
**Osa 1: Üldised määratlused ja katsenõuded**

**High-voltage test techniques**  
**Part 1: General definitions and test requirements**  
**(IEC 60060-1:2010)**

## EESTI STANDARDI EESSÕNA

See Eesti standard on

- Euroopa standardi EN 60060-1:2010 ingliskeelse teksti sisu poolest identne tõlge eesti keelde ja sellel on sama staatus mis jõustumisteate meetodil vastuvõetud originaalversioonil. Tõlgenduserimeelsuste korral tuleb lähtuda ametlikes keeltes avaldatud tekstidest;
- jõustunud Eesti standardina inglise keeles jaanuaris 2011;
- eesti keeles avaldatud sellekohase teate ilmumisega EVS Teataja 2013. aasta veebruarikuu numbris.

Standardi on tõlkinud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudi emeriitdtsent Rein Oidram, eestikeelse kavandi ekspertiisi on teinud sama instituudi dotsent Ülo Treufeldt, standardi tõlke on heaks kiitnud tehnilise komitee EVS/TK 19 „Kõrgepinge“ ekspertkomisjon koosseisus:

Jako Kilter	Eesti Elektroenergeetika Selts
Raivo Rebane	Elektrilevi OÜ
Mati Roosnurm	Elektrilevi OÜ
Raivo Teemets	TTÜ elektriaramite ja jõuelektronika instituut
Andres Beek	Draka Keila Cables AS

Standardi tõlke koostamise ettepaneku on esitanud EVS/TK 19, standardi tõlkimist on korraldanud Eesti Standardikeskus ning rahastanud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.

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

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

Euroopa standardimisorganisatsioonid on teinud Euroopa standardi EN 60060-1:2010 rahvuslikele liikmetele kättesaadavaks 10.12.2010. Date of Availability of the European Standard EN 60060-1:2010 is 10.12.2010.

See standard on Euroopa standardi EN 60060-1:2010 eestikeelne [et] versioon. Teksti tõlke on avaldanud Eesti Standardikeskus ja sellel on sama staatus ametlike keelte versioonidega. This standard is the Estonian [et] version of the European Standard EN 60060-1:2010. It has been translated by the Estonian Centre for Standardisation. It has the same status as the official versions.

Tagasisidet standardi sisu kohta on võimalik edastada, kasutades EVS-i veebilehel asuvat tagasiside vormi või saates e-kirja meiliaadressile [standardiosakond@evs.ee](mailto:standardiosakond@evs.ee).

ICS 17.220.20 Elektriliste ja magnetiliste suuruste mõõtmine

Võtmesõnad: katsetamine, katsetehnika, kõrgepinge

Hinnagrupp W

### Standardite reprodutseerimise ja levitamise õigus kuulub Eesti Standardikeskusele

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

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, võtke palun ühendust Eesti Standardikeskusega: Aru 10, 10317 Tallinn, Eesti; [www.evs.ee](http://www.evs.ee); telefon 605 5050; e-post [info@evs.ee](mailto:info@evs.ee)

English version

**High-voltage test techniques -  
Part 1: General definitions and test requirements  
(IEC 60060-1:2010)**

Technique des essais à haute tension -  
Partie 1: Définitions et exigences  
générales  
(CEI 60060-1:2010)

Hochspannungs-Prüftechnik -  
Teil 1: Allgemeine Begriffe und  
Prüfbedingungen  
(IEC 60060-1:2010)

This European Standard was approved by CENELEC on 2010-12-01. 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, Croatia, 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

**Management Centre: Avenue Marnix 17, B - 1000 Brussels**

**SISUKORD**

EN 60060-1:2010 EESSÕNA .....	5
1 KÄSITLUSALA .....	6
2 NORMIVIITED .....	6
3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED .....	6
3.1 Lahenduskarakteristikutega seotud määratlused .....	6
3.2 Katsepinge karakteristikutega seotud määratlused .....	8
3.3 Lubatud piirhälvetega ja mõõtemääramatusega seotud määratlused .....	8
3.4 Sildavlahenduspinge väärtuste statistiliste karakteristikutega seotud määratlused .....	9
3.5 Katseobjektide isolatsiooni klassifitseerimisega seotud määratlused .....	11
4 ÜLDNÕUDED .....	12
4.1 Üldnõuded katseprotseduuridele .....	12
4.2 Katseobjekti paigaldus kuivkatsetel .....	12
4.3 Atmosfääriparandused kuivkatsetel .....	13
4.3.1 Etalonatmosfäär .....	13
4.3.2 Atmosfääri parandustegurid õhkvaahemikele .....	13
4.3.3 Parandustegurite kasutamine .....	14
4.3.4 Parandusteguri komponendid .....	14
4.3.5 Atmosfääriparameetrite mõõtmine .....	17
4.3.6 Vastuolud sise- ja välisolatsiooni katsetamise nõuetes .....	18
4.4 Märkkatsed .....	19
4.4.1 Märkkatse protseduur .....	19
4.4.2 Atmosfääri parandustegurid märkkatseteks .....	20
4.5 Tehissaastekatsed .....	20
5 ALALISPINGEKATSED .....	20
5.1 Määratlused alalispingekatseteks .....	20
5.2 Katsepinge .....	21
5.2.1 Nõuded katsepingele .....	21
5.2.2 Katsepinge genereerimine .....	21
5.2.3 Katsepinge mõõtmine .....	21
5.2.4 Katsevoolu mõõtmine .....	22
5.3 Katseprotseduurid .....	22
5.3.1 Taluvuspingekatsed .....	22
5.3.2 Sildavlahenduspinge katsed .....	22
5.3.3 Tagatud sildavlahenduspinge katsed .....	23
6 VAHELDUVPINGEKATSED .....	23
6.1 Määratlused vahelduvsuurekatseteks .....	23
6.2 Katsepinge .....	24
6.2.1 Nõuded katsepingele .....	24
6.2.2 Katsepinge genereerimine .....	24
6.2.3 Katsepinge mõõtmine .....	25
6.2.4 Katsevoolu mõõtmine .....	26
6.3 Katseprotseduurid .....	26
6.3.1 Taluvuspingekatsed .....	26
6.3.2 Sildavlahenduspinge katsed .....	26
6.3.3 Tagatud sildavlahenduspinge katsed .....	26
7 VÄLGUIPULSSPINGEKATSED .....	26
7.1 Määratlused välguimpulsskatseteks .....	26
7.2 Katsepinge .....	36
7.2.1 Standardne välguimpulsspinge .....	36
7.2.2 Piirhälbed .....	36
7.2.3 Standardne lõigatud välguimpulsspinge .....	37
7.2.4 Eriotstarbelised välguimpulsspinged .....	37
7.2.5 Katsepinge genereerimine .....	37
7.2.6 Katsepinge mõõtmine ja impulsi kuju määramine .....	37

7.2.7	Voolu mõõtmine impulsspingega katsetel .....	37
7.3	Katseprotseduurid .....	38
7.3.1	Taluvuspingekatsed .....	38
7.3.2	Protseduurid tagatud lahenduspingega katseteks .....	39
8	LÜLITUSIMPULSSPINGEKATSEDE .....	39
8.1	Määratlused lülitisimpulsspingekatseteks .....	39
8.2	Katsepinge .....	41
8.2.1	Standardne lülitisimpulsspinge .....	41
8.2.2	Piirhälbed .....	41
8.2.3	Tõusuaja arvutamine .....	41
8.2.4	Eriotstarbelised lülitisimpulsspinged .....	41
8.2.5	Katsepinge genereerimine .....	42
8.2.6	Katsepinge mõõtmine ja impulsi kuju määramine .....	42
8.2.7	Voolu mõõtmine impulsspingega katsetel .....	42
8.3	Katseprotseduurid .....	42
9	KATSEDE KOMBINEERITUD JA LIITPINGETEGA .....	42
9.1	Määratlused kombineeritud ja liitpingetega katseteks .....	42
9.2.4	Piirhälbed .....	47
9.2.5	Genereerimine .....	47
9.2.6	Mõõtmine .....	47
9.3	Liitkatsepinged .....	48
9.3.1	Parameetrid .....	48
9.3.2	Piirhälbed .....	48
9.3.3	Genereerimine .....	48
9.3.4	Mõõtmine .....	48
9.4	Katseprotseduurid .....	48
Lisa A	(teatmelisa) Katsetulemuste statistiline töötlemine .....	49
Lisa B	(normlisa) Pealdate väljalöökidega ja võnkumistega standardsete välguimpulsspingete parameetrite arvutusprotseduurid .....	57
Lisa C	(teatmelisa) Juhised standard-välguimpulsspinge parameetrite hindamise tarkvara kasutuselevõtuks ...	62
Lisa D	(teatmelisa) Katsepingeteguri kasutuselevõtu taust väljalöögiga impulsside hindamisel .....	64
Lisa E	(teatmelisa) Teisendusprotseduuri iteratiivne arvutusmeetod atmosfääri parandusteguri määramisel .....	68
Lisa ZA	(normlisa) Normiviited rahvusvahelistele standarditele ja neile vastavatele Euroopa standarditele .....	73
Kirjandus	.....	74

## JOONISED

Joonis 1	— Soovituslikud väliste pingestatud või maandatud objektide vähimad õhkvahekihid $D$ katseobjekti pingestatud elektroodini vahelduvpingega või positiivse polaarsusega lülitisimpulsiga katse ajal rakendatud suurimast pingest $U$ .....	13
Joonis 2	— $k$ funktsioonina absoluutse niiskuse $h$ suhtes suhtelisse õhutihedusse $\delta$ (vt 4.3.4.2 rakendatavuspiirangute kohta) .....	15
Joonis 3	— Astmenäitajate $m$ ja $w$ väärtused .....	17
Joonis 4	— Õhu absoluutne niiskus funktsioonina psühromeetri näitudest .....	18
Joonis 5	— Täis-välguimpulsspinge .....	27
Joonis 6	— Katsepingefunktsioon .....	29
Joonis 7	— Täis-impulsspinge aegparameetrid .....	30
Joonis 8	— Pinge ajaintervall .....	32
Joonis 9	— Pingeintegraal .....	32
Joonis 10	— Frondil lõigatud välguimpulsspinge .....	33

Joonis 11 — Sabal lõigatud välguimpulsspinge .....	34
Joonis 12 — Lineaarselt tõusev frondil lõigatud impulss.....	35
Joonis 13 — Eeldatavalt muutumatu kujuga impulssidega saadud pinge-aeg kõver .....	36
Joonis 14 — Lülitusimpulsspinge .....	40
Joonis 15 — Kombineeritud pinge katseahel .....	43
Joonis 16 — Kombineeritud ja liitpinge skemaatiline näide .....	45
Joonis 17 — Liitpinge katseahel .....	46
Joonis 18 — Aegviite $\Delta t$ määratlus .....	47
Joonis A.1 — Mitmenivoolise katse (klass 1) näide .....	51
Joonis A.2 — „Üles-alla“ katsete (klass 2) näited vastavalt sildavlahenduse tõenäosuste 10 % ja 90 % määramiseks.....	52
Joonis A.3 — Kasvava pingega katsete (klass 3) näited .....	53
Joonis B.1 — Väljalööki ja jäänukkõvera näitavad salvestatud ja baaskõver .....	58
Joonis B.2 — Katsepinge kõver (baaskõvera ja filtreeritud jäänukkõvera lisamine).....	58
Joonis B.3 — Salvestatud ja katsepinge kõverad .....	59
Joonis D.1 — „Efektiivne“ katsepingefunktsioon standardis IEC 60060-1:1989 .....	64
Joonis D.2 — Euroopas tehtud katsete iseloomulikud katsepunktid ja katsepingefunktsioon.....	66
Joonis E.1 — Atmosfäärirõhu sõltuvus kõrgusest merepinnast .....	68

## TABELID

Tabel 1 — Õhutiheduse paranduse astmenäitaja $m$ ja niiskuse paranduse astmenäitaja $w$ väärtused funktsioonina parameetrist $g$ .....	16
Tabel 2 — Sademete tingimused standardprotseduuriks .....	19
Tabel A.1 — Lahenduse tõenäosused „üles-alla“ katsetel.....	54
Tabel E.1 — Kõrgused merepinnast ja õhurõhk mõnes asukohas .....	68
Tabel E.2 — Esialgne $K_t$ ja selle tundlikkusteguri väärtused $U_{50}$ suhtes näitena standardsele faas-maa vahelduvkatsepingele 395 kV .....	69
Tabel E.3 — Esialgsed ja koondunud $K_t$ väärtused standardisel faas-maa vahelduvkatsepinge 395 kV näitel... 71	71

## EN 60060-1:2010 EESSÕNA

IEC tehnilise komitee TC 42 „High-voltage testing techniques“ koostatud standardikavandi 42/277/FDIS, tulevase rahvusvahelise standardi IEC 60060-1 kolmanda väljaande tekst esitati IEC ja CENELEC-i paralleelsele hääletusele ja võeti CENELEC-i poolt 01.12.2010 vastu kui EN 60060-1.

See Euroopa standard asendab standardit HD 588.1 S1:1991.

Standard EN 60060-1:2010 sisaldab võrreldes standardiga HD 588.1 S1:1991 järgmisi tehnilisi muudatusi:

- Üldine kompositsioon ja tekst on standardi kasutamise hõlbustamiseks uuendatud ja täiustatud.
- Tehissaastekatsete katseprotseduurid on eemaldatud, kuna neid kirjeldatakse standardis EN 60507.
- Impulssvoolu mõõtmine on üle kantud uude voolu mõõtmise standardisse (EN 62475).
- Atmosfääri parandustegurid on esitatud valemitena.
- Sisse on toodud uus välguimpulsi lainekujude aegparameetrite arvutusmeetod. See muudab paremaks võnkuvate ja väljalöökidega välguimpulsside aegparameetrite mõõtmise.

Tuleb pöörata tähelepanu võimalusele, et standardi mõni osa võib olla patendiõiguse subjekt. CEN-i ega CENELEC-i ei saa pidada vastutavaks sellis(t)e patendiõigus(t)e väljaselgitamise eest.

Kehtestati järgmised tähtpäevad:

- viimane tähtpäev Euroopa standardi kehtestamiseks riigi tasandil identse rahvusliku standardi avaldamisega või jõustumisteate meetodil kinnitamisega (dop) 2011-09-01
- viimane tähtpäev Euroopa standardiga vastuolus olevate rahvuslike standardite tühistamiseks (dow) 2013-12-01

Lisa **ZA** on lisanud CENELEC.

### Jõustumisteade

CENELEC on rahvusvahelise standardi IEC 60060-1:2010 teksti muutmata kujul üle võtnud Euroopa standardina.

## 1 KÄSITLUSALA

Standardi IEC 60060 see osa rakendub:

- isolatsiooni katsetamisel alalispingega;
- isolatsiooni katsetamisel vahelduvpingega;
- isolatsiooni katsetamisel impulsspingega;
- ülaltoodud katsetamiste kombinatsioonidel.

See standardi osa on rakendatav seadmete katsetamisel, mille seadme suurim lubatav kestevpinge  $U_m$  on üle 1 kV.

MÄRKUS 1 Korratavate ja oluliste tulemuste saamiseks võivad olla vajalikud alternatiivsed katseprotseduurid. Sobiva katseprotseduuri peab valima asjakohane tehniline komitee.

MÄRKUS 2 Pingetel  $U_m$  üle 800 kV ei pruugi mõned spetsiifilised protseduurid, piirhälbed ja mõõtemääramatused olla saavutatavad.

## 2 NORMIVIITED

Alljärgnevalt nimetatud dokumendid on vajalikud selle standardi rakendamiseks. Dateeritud viidete korral kehtib üksnes viidatud väljaanne. Dateerimata viidete korral kehtib viidatud dokumendi uusim väljaanne koos võimalike muudatustega.

IEC 60060-2. High-voltage test techniques - Part 2: Measuring systems

IEC 60270. High-voltage test techniques - Partial discharge measurements

IEC 60507:1991. Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems

IEC 61083-1. Instruments and software used for measurement in high-voltage impulse tests - Part 1: Requirements for instruments

IEC 61083-2. Digital recorders for measurements in high-voltage impulse tests - Part 2: Evaluation of software used for the determination of the parameters of impulse waveforms

IEC 62475. High-current test techniques - Definitions and requirements for test currents and measuring systems

## 3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED

Standardi rakendamisel kasutatakse alljärgnevalt esitatud termineid ja määratlusi.

### 3.1 Lahenduskarakteristikutega seotud määratlused

#### 3.1.1

##### **sildavlahendus** (*disruptive discharge*)

isolatsiooni rikkumine pinge mõjul, kui lahendus sildab täielikult katsetatava isolatsiooni, vähendades pinge elektrodide vahel praktiliselt nullini

MÄRKUS 1 Võib esineda mittepüsiv sildavlahendus, kus katseobjekt sillatakse hetkeks sädeme või kaarega. Nende sündmuste vältel väheneb pinge katseobjektile hetkeks nullini või väga väikese väärtuseni. Sõltuvalt katseahela ja -objekti karakteristikutest võib elektriline tugevus taastuda ning lubada isegi esialgsest suurema katsepinge rakendamist. Sellist juhtumit tuleks interpreteerida kui sildavlahendust, kui vastav tehniline komitee ei ole määranud teisiti.