

Avaldatud eesti keeles: detsember 2012
Jõustunud Eesti standardina: märts 2012

JÕUTRAFOD
Osa 1: Üldist

Power transformers
Part 1: General
(IEC 60076-1:2011)

EESTI STANDARDI EESSÕNA

See Eesti standard on

- Euroopa standardi EN 60076-1:2011 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 märtsis 2012;
- eesti keeles avaldatud sellekohase teate ilmumisega EVS Teataja 2012. aasta detsembrikuu numbris.

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

Jako Kilter	Eesti Elektroenergeetika Selts
Raivo Rebane	OÜ Elektrilevi
Mati Roosnurm	OÜ Elektrilevi
Raivo Teemets	TTÜ Elektriagamite ja Jõuelektronika Instituut
Andres Beek	AS Draka Keila Cables

Standardi tõlkimise 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 eesti-keelsetes normdokumentides, kaasaarvatult rajaväärtust ennast.

Euroopa standardimisorganisatsioonid on teinud Euroopa standardi EN 60076-1:2011 rahvuslikele liikmetele kättesaadavaks 04.11.2011.

Date of Availability of the European Standard EN 60076-1:2011 is 04.11.2011.

See standard on Euroopa standardi EN 60076-1:2011 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 60076-1:2011. 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.

ICS 29.180 Trafod. Reaktorid
Võtmesõnad: jõutrafo, trafo
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; telefon: 605 5050; e-post: info@evs.ee

English version

**Power transformers –
Part 1: General
(IEC 60076-1:2011)**

Transformateurs de puissance –
Partie 1: Généralités
(CEI 60076-1:2011)

Leistungstransformatoren –
Teil 1: Allgemeines
(IEC 60076-1:2011)

This European Standard was approved by CENELEC on 2011-05-25. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 60076-1:2011 EESSÕNA	5
1 KÄSITLUSALA	7
2 NORMIVIITED	7
3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED	8
3.1 Üldist	8
3.2 Klemmid ja neutraalpunkt	10
3.3 Mähised	11
3.4 Nimiaandmed	13
3.5 Väljavõtted	16
3.6 Kaod ja tühijooksuvool	19
3.7 Lühisimpedants ja pingelangus	21
3.8 Ületemperatuur	23
3.9 Isolatsioon	23
3.10 Lülitused	23
3.11 Katsete liigitus	25
3.12 Jahutustingimustega seotud meteoroloogilised andmed	26
3.13 Muud määratlused	26
4 TALITLUSTINGIMUSED	28
4.1 Üldist	28
4.2 Normaaltalitlustingimused	28
5 NIMIANDMED JA ÜLDNÕUDED	29
5.1 Nimivõimsus	29
5.1.1 Üldist	29
5.1.2 Nimivõimsuste eelisväärtused	30
5.1.3 Vähim võimsus alternatiivsete jahutusviiside korral	30
5.1.4 Nimivõimsust ületav koormamine	30
5.2 Jahutusviis	31
5.3 Võimsuse tagasivool generaatoriga vahetult ühendatud trafodel	31
5.4 Nimipinge ja nimisagedus	31
5.4.1 Nimipinge	31
5.4.2 Nimisagedus	31
5.4.3 Talitus nimipingest kõrgemal pingel ja/või muul kui nimisagedusel	31
5.5 Erandlikud talitlustingimused	32
5.6 Seadme suurim lubatav talituspinge U_m ja isolatsiooni katsetasemed	32
5.7 Päringuks vajalik lisateave	33
5.7.1 Trafo liigitus	33
5.7.2 Mähiste lülitusviis ja faaside arv	33
5.7.3 Müratase	33
5.7.4 Transport	33
5.8 Komponentid ja materjalid	34
6 NÕUDED MÄHISEVÄLJAVÕTETEGA TRAFODELE	34
6.1 Üldist. Väljavõtete muutmisevahemiku tähistamine	34
6.2 Väljavõttepinge. Väljavõttevool. Väljavõttepinge muutumise standardsed liigid. Suurima pingega väljavõtte35	
6.3 Väljavõttevõimsus. Täisvõimsusväljavõtted. Vähendatud võimsusega väljavõtted	36
6.4 Väljavõtete kirjeldamine päringul ja tellimusel	37
6.4.1 Üldist	37
6.4.2 Konstruktsiooni määratlemine	37
6.4.3 Talitluse määratlemine	38
6.5 Lühisimpedantsi määratlemine	38
6.6 Koormuskadu ja ületemperatuur	39
7 LÜLITUS- JA FAASINIKETÄHISED	40
7.1 Kolmefaasiliste trafode või kolmefaasilisse gruppi ühendatud ühefaasiliste trafode lülitus- ja faasiniketähised	40
7.1.1 Lülitustähis	40

7.1.2	Faasinihe kellaaja numbri tähistuses.....	40
7.1.3	Mähised, mis ei ole ette nähtud koormamiseks.....	40
7.1.4	Ümberlülitatavad mähised	41
7.1.5	Näited.....	41
7.2	Kolmefaasilisse gruppi mitte ühendatud ühefaasiliste trafode lülitus- ja faasinihketähised	43
7.2.1	Lülitustähis	43
7.2.2	Faasinihe kellaaja numbri tähistuses.....	43
7.2.3	Mähised, mis ei ole ette nähtud koormamiseks.....	43
7.2.4	Ümberlülitatavad mähised	43
8	ANDMESILDID	44
8.1	Üldist	44
8.2	Kõigil juhtudel antav teave	44
8.3	Vajaduse korral antav lisateave	45
9	OHUTUS-, KESKKONNA- JA MUUD NÕUDED	46
9.1	Ohutus- ja keskkonnanõuded	46
9.1.1	Vedeliku lekked.....	46
9.1.2	Ohutuskaalutlused	46
9.2	Neutraaliühenduse dimensioonimine.....	47
9.3	Vedeliku paisumissüsteem	47
9.4	Alalisvool neutraaliahelates	47
9.5	Raskuskeskme märgistus.....	48
10	TOLERANTSID	48
11	KATSED	50
11.1	Ühiku-, tüüp- ja erikatsete üldnõuded	50
11.1.1	Üldist	50
11.1.2	Ühikukatsed	51
11.1.3	Tüübikatsed	52
11.1.4	Erikatsed	52
11.2	Mähise takistuse mõõtmine	52
11.2.1	Üldist	52
11.2.2	Kuivtrafod	52
11.2.3	Vedeliktäitega trafod	53
11.3	Ülekandesuhte mõõtmine ja faasinihke kontrollimine.....	53
11.4	Lühisimpedantsi ja koormuskao mõõtmine.....	53
11.5	Tühijooksukao ja -voolu mõõtmine	54
11.6	Kolmefaasilise trafo nulljärgnevusimpedantsi(de) mõõtmine	54
11.7	Katsed väljavõtetega. Talitluskatse	55
11.8	Lekke rõhukatse vedeliktäitega trafodele (tiheduskatse).....	56
11.9	Vaakumdeformatsiooni katse vedeliktäitega trafodele	56
11.10	Rõhudeformatsiooni katse vedeliktäitega trafodele	56
11.11	Vaakumitiheduse katse paigalduskohal vedeliktäitega trafodele	57
11.12	Südamikuga ja raami isolatsiooni kontrollimine	57
12	ELEKTROMAGNETILINE ÜHILDUVUS (EMC)	58
13	KÕRGSAGEDUSLIKUD LÜLITUSTRANSIENDID.....	58
Lisa A	(teatmelisa) Päringul ja tellimuses ettenähtud teabe loetelu	59
Lisa B	(teatmelisa) Väljavõtetega trafode määratlemise näited	63
Lisa C	(teatmelisa) Lühisimpedantsi määratlemine piiride abil.....	67
Lisa D	(teatmelisa) Kolmefaasilise trafo lülitusviiside näited	68
Lisa E	(normlisa) Koormuskadude temperatuuriparandus	71
Lisa F	(teatmelisa) Vahendid trafodele seisundi seiresüsteemide paigaldamiseks tulevikus.....	72
Lisa G	(teatmelisa) Keskkonna- ja ohutuskaalutlused	73
Lisa ZA	(normlisa) Normiviited rahvusvahelistele standarditele ja neile vastavatele Euroopa standarditele	74
Kirjandus		75

JOONISED

Joonis 1 — Pinge muutumise erinevad liigid	36
Joonis 2 — „Kellaaja numbri“ tähistuse näited	41
Joonis 3 — „Kellaaja numbri“ tähistuse näited avatud mähistega trafodele	42
Joonis 4 — „Kellaaja numbri“ tähistuse näited	44
Joonis C.1 — Piiride abil lühisimpedantsi määratlemise näide	67
Joonis D.1 — Üldlevinud lülitusviisid	68
Joonis D.2 — Täiendavad lülitusviisid	69
Joonis D.3 — Kolmefaasiliste autotrafode lülitusviiside tähistamine lülitustingmärkide abil (autotrafo Ya0)	70
Joonis D.4 — Näide kolmest ühefaasilisest trafost moodustatud kolmefaasilisest grupist (lülitustähis Yd5)	70

TABELID

Tabel 1 — Tolerantsid	49
Tabel B.1 — Pinge kombineeritud muutumise näide	64
Tabel B.2 — Ülempinge muutumisega talitluse määratlemise näide	65
Tabel B.3 — Alampinge muutumisega talitluse määratlemise näide	66
Tabel F.1 — Seadmed seisundi seireks	72

EN 60076-1:2011 EESSÕNA

IEC tehnilise komitee TC 14 „Power transformers“ koostatud standardikavandi 14/675/FDIS, tulevase rahvusvahelise standardi IEC 60076-1 teise väljaande tekst esitati IEC ja CENELEC-i paralleelsele hääletusele ja võeti CENELEC-i poolt 25.05.2011 vastu kui EN 60076-1:2011.

See Euroopa standard asendab standardit EN 60076-1:1997+A1:2000+A12:2002.

Standard sisaldab võrreldes standardiga EN 60076-1:1997 järgmisi olulisi tehnilisi muudatusi:

- harmoonikute sisaldise määratluse lisamine;
- alajaotise lisamine jaotisele transpordi kohta;
- funktsionaalse spetsifikatsioonimeetodi lisamine;
- ühefaasilistele trafodele lülitustähiste lisamine;
- ohutus- ja keskkonnanõuete lisamine;
- nõuete lisamine vedelike paisumissüsteemidele;
- jaotise lisamine alalisvoolude kohta;
- vaakum-, rõhu- ja lekkekatsete lisamine mahutitele;
- varem lisa A olnud nõuded on nüüd ühendatud tekstiga ja lisa A on nüüd teatmeline loetelu;
- on lisatud teatmelisad seisundi jälgimise seadmetele ning keskkonna- ja ohutuskalutlustele.

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) | 2012-05-04 |
| — viimane tähtpäev Euroopa standardiga vastuolus olevate rahvuslike standardite tühistamiseks | (dow) | 2014-05-25 |

Lisa **ZA** on lisanud CENELEC.

Jõustumisteade

CENELEC on rahvusvahelise standardi IEC 60076-1:2011 teksti muutmatul kujul üle võtnud Euroopa standardina.

Ametliku väljaande kirjanduse loetelus tuleb viidatud standarditele lisada alljärgnevad märkused:

IEC 60060 sari	MÄRKUS	Harmoneeritud sarjas EN 60060 (muutusteta).
IEC 60068-3-3	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 60068-3-3.
IEC 60076-4	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 60076-4.
IEC 60076-6	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 60076-6.
IEC 60076-13	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 60076-13.
IEC 60270	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 60270.
IEC 60310	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 60310.
IEC 60529:1989	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 60529:1991 (muutusteta).
IEC 61378 sari	MÄRKUS	Harmoneeritud sarjas EN 61378 (muutusteta).
IEC 61378-1	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 61378-1.
IEC 61378-2	MÄRKUS	Harmoneeritud kui EN 61378-2.

1 KÄSITLUSALA

See IEC 60076 osa kehtib kolmefaasilistele ja ühefaasilistele jõutrafodele (k.a autotrafodele), välja arvatud teatud liiki väike- ja eritrafodele, nagu:

- ühefaasilised trafod nimivõimsusega alla 1 kVA ja kolmefaasilised trafod alla 5 kVA;
- trafod, millel ei ole mähiseid nimipingega üle 1000 V;
- mõõtetrafod;
- veeremile paigaldatud veotrafod;
- käivitustrafod;
- katsetrafod;
- keevitustrafod;
- plahvatuskindlad trafod ja kaevandustrafod;
- süvaveetrafode (veealused) rakendused.

Kui nimetatud tüüpi trafodele (eriti trafole, millel ei ole tööstuslikeks rakendusteks 1000 V ületavat mähist) IEC standard puudub, võib see osa standardist IEC 60076 olla siiski kas tervikuna või osaliselt rakendatav.

See standard ei käsitle nõudeid, mis võiks teha trafo avalikkusele ligipääsetavasse asukohta paigaldamiseks sobivaks.

Neile jõutrafo ja reaktori tüüpidele, mille kohta on olemas oma IEC standard, on see osa rakendatav ainult selles ulatuses, mis on teises standardis mainitud eraldi ristviitega. Sellised standardid on olemas:

- reaktoritele üldiselt (IEC 60076-6);
- kuivtrafodele (IEC 60076-11);
- sisekaitsega trafodele (IEC 60076-13);
- gaastäitega jõutrafodele (IEC 60076-15);
- elektrituulikute rakendustes kasutatavatele trafodele (IEC 60076-16);
- veotrafodele ja veoreaktoritele (IEC 60310);
- muundurtrafodele tööstuslikel rakendustel (IEC 61378-1);
- muundurtrafodele kõrgepinge alalisvoolurakendustel (IEC 61378-2).

Mitmes selle osa lõigus on eraldi mainitud või soovitatud, et peaks saavutama kokkuleppe alternatiivide või täiendavate tehniliste lahenduste või protseduuride suhtes. Sellist kokkulepet on vaja saavutada tootja ja ostja vahel. Asjaolud võiks eelistatult olla tõstatatud juba varases staadiumis ja kokkulepped peavad olema lisatud lepingu spetsifikatsiooni.

2 NORMIVIITED

Alljärgnevalt loetletud 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 60076-2. Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers

IEC 60076-3:2000. Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air

IEC 60076-5:2006. Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit

IEC 60076-10:2001. Power transformers – Part 10: Determination of sound levels

IEC 60076-11:2004. Power transformers – Part 11: Dry-type transformers

IEC 60137:2008. Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V

IEC 60214-1:2003. Tap-changers – Part 1: Performance requirements and test methods

IEC 60296:2003. Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear

IEC 60721-3-4:1995. Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations

ISO 9001:2008. Quality management systems – Requirements

EE MÄRKUS Ülalnimetatuist on eesti keeles ilmunud alljärgnevalt loetletud standard.

EVS-EN ISO 9001:2008. Kvaliteedijuhtimissüsteemid. Nõuded

3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED

Selle standardi rakendamisel kasutatakse alljärgnevalt esitatud termineid ja määratlusi.

MÄRKUS Muudel terminitel on tähendused, mis on neile omistatud Rahvusvahelises elektrotehnika sõnastikus (IEV – International Electrotechnical Vocabulary).

3.1 Üldist

3.1.1

jõutrafo (*power transformer*)

kahe või enama mähisega staatiline seade, mis elektromagnetilise induksiooni abil transformeerib vahelduvpinge- ja voolusüsteemi mingisse teise, tavaliselt erinevate väärtustega, kuid sama sagedusega pinge- ja voolusüsteemi elektrienergia edastuse eesmärgil

[IEC 60050-421:1990, 421-01-01, muudetud]

a static piece of apparatus with two or more windings which, by electromagnetic induction, transforms a system of alternating voltage and current into another system of voltage and current usually of different values and at the same frequency for the purpose of transmitting electrical power

3.1.2

autotrafo (*auto-transformer*)

trafo, mille vähemalt kahel mähisel on ühisosa

[IEC 60050-421:1990, 421-01-11]

MÄRKUS Kui on vaja rõhutada, et trafo ei ole autotrafo, kasutatakse termineid nagu eraldatud mähistega trafo või kahemähiseline trafo (vt IEC 60050-421:1990, 421-01-13).

a transformer in which at least two windings have a common part

NOTE Where there is a need to express that a transformer is not auto-connected, use is made of terms such as separate winding transformer, or double-wound transformer (see IEC 60050-421:1990, 421-01-13).