

**JÕUTRAFOD**

**Osa 7: Õlitäitega jõutrafode koormusjuhend**

**Power transformers**

**Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers**

(IEC 60076-7:2005)

## EESTI STANDARDI EESSÕNA

Käesolev Eesti standard:

- on rahvusvahelise standardi IEC 60076-7:2005 “Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers” ingliskeelse teksti identne tõlge eesti keelde ning tõlgendamise erimeelsuste korral tuleb lähtuda ametlikes keeltes avaldatud tekstidest,
- on kinnitatud Eesti Standardikeskuse 23.02.2009 käskkirjaga nr 30,
- jõustub sellekohase teate avaldamisel EVS Teataja 2009. aasta märtsikuu numbris.

Standardi tõlkis Tallinna Tehnikaülikooli Elektroenergeetika instituudi dotsent Rein Oidram, eestikeelse kavandi ekspertiisi teostas Tallinna Tehnikaülikooli Elektroenergeetika instituudi emeriitdotsent Tiit Metusala, käesoleva standardi on heaks kiitnud tehniline komitee EVS/TK 19 “Kõrgepinge”.

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 maatähisega EE.

ICS 29.180 Trafod, reaktorid

Võtmesõnad: trafo, koormusvõime, ületemperatuur

Hinnagrupp U

### 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](http://www.evs.ee); Telefon: 605 5050; E-post: [info@evs.ee](mailto:info@evs.ee)

## SISUKORD

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IEC 60076-7:2005 EESSÕNA .....                                                                               | 2  |
| SISSEJUHATUS .....                                                                                           | 4  |
| 1 KÄSITLUSALA .....                                                                                          | 5  |
| 2 NORMIVIITED .....                                                                                          | 5  |
| 3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED .....                                                                              | 5  |
| 4 SÜMBOLID JA LÜHENDID .....                                                                                 | 8  |
| 5 NIMESILDI ANDMEID ÜLETAVATE KOORMUSTE MÕJU .....                                                           | 10 |
| 5.1 Sissejuhatus .....                                                                                       | 10 |
| 5.2 Üldised järeldused .....                                                                                 | 10 |
| 5.3 Lühiajalise erakorralise koormuse mõjud ja ohud .....                                                    | 11 |
| 5.4 Pikaajalise erakorralise koormuse mõjud .....                                                            | 11 |
| 5.5 Trafo gabariit .....                                                                                     | 12 |
| 5.6 Soojuskindlamaks muutmata ja muudetud paber .....                                                        | 12 |
| 6 SUHTELINE VANANEMISKIIRUS JA TRAFO ISOLATSIOONI ELUIGA .....                                               | 14 |
| 6.1 Üldist .....                                                                                             | 14 |
| 6.2 Vananemise suhteline kiirus .....                                                                        | 14 |
| 6.3 Eluea kulumi arvutamine .....                                                                            | 15 |
| 6.4 Isolatsiooni eluiga .....                                                                                | 15 |
| 7 PIIRANGUD .....                                                                                            | 15 |
| 7.1 Voolutugevuse ja temperatuuri piirangud .....                                                            | 15 |
| 7.2 Eripiirangud jaotustrafodele .....                                                                       | 16 |
| 7.3 Keskmiste jõutrafode eripiirangud .....                                                                  | 17 |
| 7.4 Eripiirangud suurtele jõutrafodele .....                                                                 | 17 |
| 8 TEMPERATUURIDE MÄÄRAMINE .....                                                                             | 17 |
| 8.1 Kuuma punkti temperatuuri tõus püsitalitluses .....                                                      | 17 |
| 8.2 Ülemistes kihtides õli ja kuuma punkti temperatuur erineval ümbruse temperatuuril ja koormusoludes ..... | 17 |
| 8.3 Ümbruse temperatuur .....                                                                                | 17 |
| 9 ASTMELÜLITITE MÕJU .....                                                                                   | 17 |
| 9.1 Üldist .....                                                                                             | 17 |
| 9.2 Lühiskaod .....                                                                                          | 17 |
| 9.3 Kadude suhe .....                                                                                        | 17 |
| 9.4 Koormustegur .....                                                                                       | 17 |
| Lisa A (teatmelisa) Mähiste ja õli ajakonstandi arvutamine .....                                             | 17 |
| Lisa B (teatmelisa) Eksponentvõrrandi meetodi praktiline näide .....                                         | 17 |
| Lisa C (teatmelisa) Diferentsiaalvõrranditega lahendusmeetodi illustratsioon .....                           | 17 |
| Lisa D (teatmelisa) Lisa B näitele põhinev vooskeem .....                                                    | 17 |
| Lisa E (teatmelisa) Ülekoormusandmete arvutus- ja esitusnäide .....                                          | 17 |
| Kasutatud kirjandus .....                                                                                    | 17 |

**IEC 60076-7:2005 EESSÕNA**

1. Rahvusvaheline Elektrotehnikakomisjon (*International Electrotechnical Commission*, IEC) on ülemaailmne standardimisorganisatsioon, mis hõlmab kõiki rahvuslikke elektrotehnikakomiteesid (IEC rahvuslikke komiteesid). IEC ülesanne on arendada rahvusvahelist koostööd kõigis elektri- ja elektroonikaala standardimisküsimustes. Selleks kirjastab IEC, lisaks oma muudele tegevusaladele, rahvusvahelisi standardeid, tehnilisi spetsifikatsioone, tehnilisi aruandeid, avalikult kättesaadavaid spetsifikatsioone (PAS) ja juhendeid (edaspidi "IEC publikatsioon(id)"). Nende ettevalmistamine on usaldatud tehnilistele komiteedele; iga IEC rahvuslik komitee, kes on huvitatud sellest tegevusest, võib nimetatud ettevalmistuses osaleda. Selles ettevalmistuses võivad osaleda ka rahvusvahelised, riiklikud ja mitteriiklikud organisatsioonid, mis on sidemetes IECga. IEC teeb tihedat koostööd Rahvusvahelise Standardimisorganisatsiooniga (*International Organization for Standardization*, ISO) vastavalt mõlema organisatsiooni vahel sõlmitud kokkuleppes sätestatud tingimustele.
2. Kuna IEC igas tehnilises komitees on esindatud kõik asjast huvitatud rahvuslikud komiteed, väljendavad IEC otsused või kokkulepped olulistes tehnilistes küsimustes suurimal võimalikul määral rahvusvahelist arvamuskonsensust.
3. IEC publikatsioonid kujutavad endast rahvusvaheliseks kasutamiseks mõeldud soovitusi ja on sellistena heaks kiidetud rahvuslike komiteede poolt. Kuigi on tehtud kõik, et tagada IEC publikatsioonide tehniline täpsus, ei saa IEC vastutada selle eest, mis viisil neid kasutatakse, ega nende valesimistamise eest lõpptarbijate poolt.
4. Rahvusvahelise ühtlustamise huvides võtavad IEC rahvuslikud komiteed IEC rahvusvahelisi standardeid läbipaistvalt ja enamalt võimalikul määral kasutusele oma rahvuslikes ja regionaalsetes standardites. Lahknevused IEC standardite ja vastavate rahvuslike või regionaalsete standardite vahel peavad olema viimastes selgelt esile toodud.
5. IEC ei teosta mingeid oma nõuetele vastavuse markeerimisi ega saa vastutada ühegi seadme eest, mis on deklareeritud kui IEC mingile standardile vastav.
6. Kõik kasutajad peavad veenduma, et nad kasutavad käesoleva publikatsiooni uusimat väljaannet.
7. IECd, selle juhte, ametnikke, teenistujaid ega agente, sealhulgas tehniliste komiteede ja rahvuslike komiteede eksperte ega liikmeid ei saa pidada vastutavaks mingit liiki otseste või kaudsete isikuvigastuse, omandi- või muu kahjustuse ega kulude (sealhulgas seaduslike maksude) eest, mis võivad olla tekkinud käesoleva publikatsiooni või mõne muu IEC publikatsiooni kasutamisel või sellega seoses.
8. Tuleb pöörata tähelepanu käesoleva publikatsiooni normiviidetele. Viidatud publikatsioonide kasutamine on vältimatult vajalik käesoleva publikatsiooni õigeks rakendamiseks.
9. Tuleb arvestada, et käesoleva rahvusvahelise standardi mõned elemendid võivad kujutada endast patendiõiguse objekte. IECd ei saa pidada vastutavaks mõne või kõigi selliste patendiõiguste tunnuste eest.

Rahvusvahelise standardi IEC 60076-7 on ette valmistatud IEC tehniline komitee 14 "Jõutrafo".

Käesolev standard tühistab ja asendab 1991. aastal avaldatud standardi IEC 60354. Käesolev esimene väljaanne kujutab endast standardis IEC 60354 esitatut tehnilist uustöötlust. Muutuste info on leitav käesoleva standardi sissejuhatuses.

Käesoleva standardi tekst tugineb järgmistel dokumentidel:

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Lõppkavand  | Hääletusaruanne |
| 14/512/FDIS | 14/520/RVD      |

Täieliku teabe käesoleva standardi heakskiitnud hääletuse kohta saab ülaltoodud tabelis viidatud hääletusaruandest.

Käesolev publikatsioon koostati ISO/IEC direktiivi ISO/IEC Directives: Part 2 kohaselt.

Standardisari IEC 60076 sisaldab üldpealkirja "Jõutrafod" all järgmisi osi:

|         |                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------|
| Osa 1:  | Üldosa                                                          |
| Osa 2:  | Ületemperatuur                                                  |
| Osa 3:  | Isolatsioonitasemed, isolatsioonikatsed ja välisõhkvaahemikud   |
| Osa 4:  | Välgu- ja lülitusimpulsskatsete juhend – Jõutrafod ja reaktorid |
| Osa 5:  | Lühisetaluvusvõime                                              |
| Osa 7:  | Õlitäitega jõutrafode koormusjuhend                             |
| Osa 8:  | Rakendusjuhend                                                  |
| Osa 10: | Müratasemete määramine                                          |
| Osa 11: | Kuivtrafod                                                      |

Komitee on otsustanud, et selle publikatsiooni sisu jääb muutmatuks kuni IEC veebilehel <http://webstore.iec.ch> viidatud publikatsiooni ülevaatustulemuse tähtajani. Pärast seda võidakse publikatsioon:

- taaskinnitada,
- tühistada,
- asendada uustöötlusega või
- muuta.

## SISSEJUHATUS

Käesolev IEC 60076 osa annab jõutrafodele tehniliste nõuete kohaldamise ja koormamise juhiseid lähtudes talitlustemperatuurist ja soojusvananemisest. Standard annab soovitusi koormamiseks üle nimiaandmete ja projekteerijale juhendeid uutele paigaldistele sobivate nimisuuruste ja koormustingimuste valikuks.

IEC 60076-2 on aluseks lepingute sõlmimisel ja see sisaldab nõudeid ja ületemperatuuri katsete arvvaartusi õlitäitega trafode kestval nimikoormamisel. Peab märkima, et IEC 60076-2 puudutab mähiste keskmist ületemperatuuri, samas kui käesolev IEC 60076 osa puudutab peamiselt kuuma punkti temperatuuri ja kehtestatud vaartusi esitatakse ainult juhistena.

Käesolev IEC 60076 osa esitab matemaatilised mudelid erinevate koormuste tagajärgede hindamiseks erinevatel jahutuskeskkonna temperatuuridel ja ajas siirdeprotsessina või tsüklilisel muutumisel. Mudelid võimaldavad talitlustemperatuuride arvutamist trafos, eriti aga temperatuuri leidmist mähiste kuumimas osas. Seda kuuma punkti temperatuuri kasutatakse järgnevalt vaadeldaval ajaperioodil soojusvananemise suhtelise kiiruse ja eluea protsentuaalse kulumi arvutamiseks. Modelleerimine kehtib jõutrafodele ja väikestele trafodele, mida siinkohal nimetatakse jaotustrafodeks.

Pärast standardit IEC 60354:1991 on suurimaks muudatuseks kiudoptiliste temperatuuriandurite laienenud kasutamine trafodes. See on põhjalikult suurendanud jõutrafode soojusvananemise õige modelleerimise võimalusi, eriti koormusvoolu astmelisel muutumisel. Need võimalused on kokku võetavad mõningase erinevusena "õlieksponendis  $x$ " ja "mähiseeksponendis  $y$ ", mida kasutatakse jõutrafodele IEC 60076 käesolevas osas ja standardis IEC 60076-2:1993:

- $x = 0,9$  standardis IEC 60076-2 ja  $x = 0,8$  käesolevas IEC 60076 osas ON-jahutusel.
- $y = 1,6$  standardis IEC 60076-2 ja  $y = 1,3$  käesolevas IEC 60076 osas ON- ja OF-jahutusel.

Jaotustrafodele kasutatakse nii käesolevas IEC 60076 osas kui ka standardis IEC 60076-2  $x$  ja  $y$  ühtesid ja samu vaartusi.

Käesolev IEC 60076 osa esitab veel temperatuuriarvutustele või -mõõtmistele tuginevad koormuspiirangute soovitusel. Need soovitusel vastavad erinevat tüüpi koormustingimustele - pidev koormamine, tavaline häringuteta tsükliline koormamine ja ajutine erakorraline koormamine. Soovitusel vastavad jaotustrafodele, keskmistele jõutrafodele ja suurtele jõutrafodele.

Jaotised 1 kuni 7 sisaldavad määratlusi, üldist taustainformatsiooni ja eri trafokategooriatele talitluse eripiiranguid.

Jaotis 8 sisaldab temperatuuri määramist ning esitab püsitalitluses ja siirdeoludes kuuma punkti temperatuuri hindamise matemaatilisi mudeleid.

Jaotis 9 sisaldab ümberlüüti asendi mõju lühikirjeldust.

Lisades B, C ja E on toodud rakendusnäited.

## 1 KÄSITLUSALA

Seda IEC 60076 osa rakendatakse õlitäitega trafodele. Osa kirjeldab ümbruse muutuva temperatuuri ja muutuvate koormustingimuste mõju trafo elueale.

MÄRKUS Kaarahju trafode kohta tuleb tootjat teavitada koormustingimuste eripärast.

## 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 60076-2:1993** Power transformers – Part 2: Temperature rise

**IEC 60076-4:2002** Power transformers – Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors

**IEC 60076-5:2000** Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit

## 3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED

Käesolevas standardis kasutatakse alljärgnevaid termineid ja määratlusi.

### 3.1

**jaotustrafo** (*distribution transformer*)

Kolmefaasiline jõutrafo suurima võimsusega 2 500 kVA või ühefaasiline jõutrafo suurima võimsusega 833 kVA.

Power transformer with a maximum rating of 2 500 kVA three-phase or 833 kVA single-phase

### 3.2

**keskmine jõutrafo** (*medium power transformer*)

Kolmefaasiline jõutrafo suurima võimsusega 100 MVA või ühefaasiline jõutrafo suurima võimsusega 33,3 MVA.

Power transformer with a maximum rating of 100 MVA three-phase or 33,3 MVA single-phase

### 3.3

**suur jõutrafo** (*large power transformer*)

Jõutrafo, mis ületab jaotises 3.2 määratletud piirid.

Power transformer exceeding the limits specified in 3.2

### 3.4

**tsükliline koormus** (*cyclic loading*)

Tsükliliselt muutuv koormus (tsükli kestus on tavaliselt 24 h), mida käsitletakse ühe tsükli jooksul akumulatuva vananemise määra kaudu. Tsükliliseks koormuseks võib olla kas normaalkoormus või pikaajaline erakorraline koormus.

Loading with cyclic variations (the duration of the cycle usually being 24 h) which is regarded in terms of the accumulated amount of ageing that occurs during the cycle. The cyclic loading may either be a normal loading or a long-time emergency loading