

# Suuruste ja ühikute tähistest elektrotehnikas

Endel Risthein

Tallinna Tehnikaülikooli emeriitprofessor

(Ajakiri Elektriala, 2008, nr 3 ja 4)

2008. aasta märtsis andis Eesti Standardikeskus eesti keeles Eesti standardeina välja Euroopa Elektrotehnilise Standardimise Komitee (*Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, CENELEC*) 2007. aastal ilmunud standardisarja

- **EVS-EN 60027-1:2006 + A2:2007.** Elektrotehnikas kasutatavad tähised. Osa 1: Üldtähised. – 76 lk.
- **EVS-EN 60027-2:2007.** Elektrotehnikas kasutatavad tähised. Osa 2: Telekommunikatsioon ja elektroonika. – 82 lk.
- **EVS-EN 60027-3:2007.** Elektrotehnikas kasutatavad tähised. Osa 3: Logaritmilised ja logaritmilistega seotud suurused ja nende ühikud. – 18 lk.
- **EVS-EN 60027-4:2007.** Elektrotehnikas kasutatavad tähised. Osa 4: Pöörlevad elektrimasinad. – 26 lk.
- **EVS-EN 60027-6:2007.** Elektrotehnikas kasutatavad tähised. Osa 6: Juhtimis- ja reguleerimistehnika. – 17 lk.

Sari ühtib täielikult Rahvusvahelise Elektrotehnikakomisjoni (*International Electrotechnical Commission, IEC*) standardisarjaga IEC 60027, mis koos oma mõningate muudatustega ilmus aastail 1995 kuni 2006 ja mis omakorda põhineb Ülemaailmse Standardiorganisatsiooni (*International Organization for Standardization, ISO*) standardeil

- **ISO 31-0:1992.** Quantities and units – General principles
- **ISO 31-5:1992.** Quantities and units – Electricity and magnetism
- **ISO 31-11:1992.** Quantities and units – Mathematical signs and symbols for use in the physical sciences and technology
- **ISO 1000:1992.** SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units

Äsjailmunud eestikeelsed standardid põhinevad seega üle kogu maailma kehtivail standardeil ja kehtestavad ühtselt mitte üksnes füüsikaliste suuruste ja nende ühikute tähised, vaid ka nende kasutamise reeglid. Kuna aga tegelikult on eestikeelsetes tehnilistes dokumentides, kirjutistes ja raamatutes seni kasutatud mitmesuguseid muid suuruste ja ühikute kirjutusviise, mis mõnikord põhinevad vananenud standarditel ja juhistel, mõnikord aga mingil muul suvalisel käsitlusel, tuleb teada, mil määral need kirjutusviisid standardseist erinevad ja kuidas neid standardsetega asendada. Alljärgnevalt tutvustatakse standardite olulisimaid juhtmõtteid ja reegleid, mida tuleks edaspidi endastmõistetavalt hakata rangelt järgima. Täpsema info saab standardest enestest, mis ei tohiks puududa üheski ettevõttes, kus koostatakse tehnilisi dokumente või kirjutisi, veel enam aga seal, kus tegeletakse koolitusega.

**Eesti standard EVS-EN 60027-1:2006 + A2:2007**, standardisarja EVS-EN 60027 esimene osa, esitab teavet elektrotehnikas kasutatavate suuruste, ühikute, nende tähttähiste ja matemaatiliste tähiste kohta. Ühtlasi esitatakse reeglid nende tähiste kirjutusviisi kohta ja suuruste tähiste lisaelementide (ala- ja ülaindeksite jne) kohta.

**Suuruste tähiste** kohta on öeldud, et üldreeglina kasutatakse nende jaoks ladina või kreeka tähestiku üksiktähti, mõnikord koos indeksitega või lisamärkidega. Ei ole välistatud ka mitmetäheliste tähiste kasutamine (nt Reynoldsi arvu puhul  $Re$ ). Tähistes kirjutatakse **kaldkirjas**, sõltumata muu teksti kirjatüübist. Tähise järele ei panda punkti, väljaarvatult ainult siis, kui seda nõuavad kirjavihemärkide kasutamise tavareeglid, nt lause lõpus.

**Indekseid** kasutatakse siis, kui eri suurused on mingis kontekstis tähistatud ühesuguse tähisega või kui on vaja esitada ühesama suuruse eri rakendusi või eri väärtusi. Indeksite kirjutusviisi kohta soovitatakse kasutada järgmisi põhimõtteid:

- kui indeks kujutab endast füüsikalise suuruse tähist, kirjutatakse see **kaldkirjas**;
- muud indeksid kirjutatakse **püstkirjas**;
- numberindeksid tuleb esitada **püstkirjas**;
- tähtindeksid, mis väljendavad numbreid (nt  $i, j, k, n$ ) tuleb esitada **kaldkirjas**.

Näide: suurus  $U$  järjekorranumbriga  $n$  kirjutatakse kujul  $U_n$ , aga kui näiteks  $n = 4$ , tuleb kasutada kirjutusviisi  $U_4$ .

Kuna suurem osa teaduslikke ja tehnilisi termineid tulenevad ladina või kreeka keelest, soovitatakse indeksitena tarbe korral kasutada nende terminite lühendeid. Standard sisaldab sellekohaseid tabeleid, milles on esitatud 131 mitmesugust soovitatavat indeksit, kusjuures sageli nii lühemal kui ka pikemal kujul.

Näited

$P_{el}$	elektriline võimsus
$p_{cr}$	kriitiline rõhk
$v_i$	algkiirus (i sõnast <i>initialis</i> )
$B_i$	sisemine magnetiline induktsioon (i sõnast <i>intrinsicus</i> )
$T_{ext}$	termodünaamiline välistemperatuur (ext sõnast <i>exterior</i> )
$R_{eq}$	ekvivalentne takistus
$g_n$	normaal-raskuskiirendus (standard-raskuskiirendus)
$M_v$	valguskiirgavus (v sõnast <i>visus</i> )

Tarbe korral saab kreeka või ladina keele alusel tuletada muidki indekseid. Mõned üksikud standardis esitatud indeksid põhinevad ka inglise või prantsuse keelel ja neid tuleks kasutada vastavalt inglise- või prantsuskeelsetes dokumentides. Standardist järeldub, et omakeelsete indeksite kasutamine ei ole keelatud, kuid parem on siiski kasutada rahvusvahelisi.

Näide: Muutuva võimsuse algväärtust võib eestikeelses tekstis kirjutada küll kujul  $P_{alg}$ , kuid parem kirjutusviis on  $P_i$  või (selgemalt)  $P_{ini}$ .

Liitindekseid (mitmest osast koosnevaid indekseid) soovitab standard võimalust mööda vältida. Kui neid aga kasutatakse, peavad nende kõik osad olema ühelsamal tasandil. Ainsaks erandiks võib olla juhtum, mil indeksina kasutatakse füüsikalise suuruse tähist, mis omakorda on varustatud indeksiga.

Näide: magnetilise takistuse  $R_m$  temperatuuritegurit võib kirjutada lihtsustamatult kujul  $\alpha_{R_m}$  või lihtsustatult kujul  $\alpha_{Rm}$ .

Selguse huvides võidakse liitindeksi eri osad eristada üksteisest kitsa tühikuga. Komaseid indeksite eri osade vahel soovitatakse vältida, kuid neid võib kasutada, kui

see on vajalik mitmetähenduslikkuse ärahoidmiseks. Samal eesmärgil võib osa liitindeksist panna sulgudesse. Indeksi osade järjekorra kohta ühtset reeglit ei anta, kuid soovitatakse juhendada sellest, et suuruse olemust väljendav osa oleks esikohal, eriomadusi väljendav osa aga teisel kohal. Järjekord võib sõltuda ka seisukohast osade suhtes.

Näited:

$R_{m \max}$	magnetilise takistuse maksimaalväärtus
$\hat{u}_{bv}$	ahelaosa $b$ pinge muutuva osa tippväärtus
$\hat{i}_{4(2)}$	juhis 4 kulgeva voolu 2. harmoonilise hetkväärtus. Numbrite eraldamiseks on harmoonilise järjekorranumber sulgudes
$L_{mn}$	ahelate $m$ ja $n$ vastastikune induktiivsus
$Z_{12,13}$	impedantsimaatriksi 12. rea 13. veeru element
$J_{3y}$	voolutiheduse 3. harmoonilise $y$ -komponent
$J_{y3}$	voolutiheduse $y$ -komponendi 3. harmooniline

**Ühikute** tähiste kohta öeldakse, et kui on olemas rahvusvahelised tähised, tuleb kasutada neid ega mitte mingeid muid. Tähised tuleb esitada püstkirjas (sõltumata muu teksti kirjatüübist), mitmuses peavad nad jääma muutumatuks ja nende järele ei tohi panna punkti, väljaarvatult juhul, kui punkti nõuavad kirjavahemärkide reeglid, nt lause lõpus.

Suuruse mingit eripärasust selgitava kirje lisamine suuruse ühiku tähisele on viga.

Näide: ei tohi kirjutada  $U = 500 V_{\max}$ , vaid tuleb kirjutada  $U_{\max} = 500 V$ .

Teatavasti esitatakse suuruste ühikud üldreeglina väiketähtedega, väljaarvatult suure algustähe kasutamine, kui ühiku nimi tuleneb pärisnimest.

Näited

m	meeter
s	sekund
A	amper
Wb	veeber

**Liitühikute** kohta on öeldud, et kui need saadakse kahe või enama ühiku korrutamise teel, tuleb eri ühikute vahele panna kas korrutuspunkt või jätta tühik.

Näide: njuutonmeetrit võib tähistada kas kujul N·m või kujul N m.

Piiratud märkide arvuga süsteemides (nt kirjutusmasina kasutamisel, mis nüüdisajal küll päris haruldane peaks olema) võib poolel tähekõrgusel asuva korrutuspunkti asemel kasutada tavalist (kirjavahemärgi-) punkti.

Tähtis on teada, et teisena esitatud kirjutusviisi kasutamisel võib tühiku ära jätta (kasutada kokkukirjutamist), kui hoolega jälgitakse, et ühe ühiku tähis ei lange kokku teise ühiku eesliitega. Sellest järeldub muuseas, et kirjutusviisid VA, kWh, kvarh, Ah, Vs jms on täiesti standardikohased.

Kui liitühik saadakse ühe ühiku jagamisel teisega, võib seda esitada ühel järgmistest viisidest:

$\frac{m}{s}$  , m/s , m·s<sup>-1</sup> .

Kalkkriipsu ei tohi kasutada samal real korrutus- või jagamismärgi järel ilma jagajat või jagatavat eksituste vältimiseks sulgudesse võtmata. Keerukamatel juhtudel tuleb kasutada negatiivseid astmenäitajaid või sulgusid.

Väärib mainimist, et **pöörlemissageduse** ühikut tähistatakse üldreegli kohaselt endiselt kujul 1/min või 1/s (põhitähisena esitatakse s<sup>-1</sup>), kuid lubatakse kasutada ka kirjutusviisi r/min või r/s (r ladina keele sõnast *reversio*, 'pööre' ).

Standard ütleb ühikutähiste **käänamise** kohta ainult seda, et mitmuses peavad nad jääma muutumatuks; muus osas Euroopa ametlikes standardimiskeeletes (inglise, prantsuse ega saksa keeles) sellist küsimust ei teki. Eestis kiputakse ühikutähiseid aga mõnikord käänama (kirjutades näiteks, et pinge on tõusnud 250 V-ni). Standardi põhimõtete kohaselt on see keelatud ja korrektseks saab lugeda ainult kas väljendit "pinge on tõusnud väärtuseni 250 V" või väljendit "pinge on tõusnud 250 voldini".

**Arvude** kirjutusviisi kohta öeldakse, et arvud tuleb üldiselt kirjutada püstkirjas. Et hõlbustada mitmekohaliste arvude lugemist, võib need jagada **numbrirühmadeks**, eelistades kolmenumbriisi rühmi kümnendmurrumärgist vasakule ja paremale. Rühmad tuleb üksteisest eristada kitsa tühikuga, mitte aga punkti, koma ega muude märkidega.

Kümnendmurrumärgina võib kasutada, olenevalt teksti keelest või dokumentatsioonisüsteemist, rea alusjoonel paiknevat koma või punkti. Rahvusvahelistes standardites kasutatakse kümnendmurrumärgina alati koma. Koma kasutatakse ka eestikeelsetes tehnilistes dokumentides, kusjuures aga erandiks võivad olla rahalised arvutused, milles kroonid ja sendid eraldatakse tavaliselt punktiga. Kui arv on väiksem kui 1, peab koma ees olema 0.

Arvude korrutusmärk on rist (×) või poolel tähekõrgusel paiknev punkt (·). Kui korrutusmärgina kasutatakse poolel tähekõrgusel paiknevat punkti, tuleb kümnendmurrumärgina kasutada koma. Kui kümnendmurrumärgina kasutatakse punkti, tuleb korrutusmärgina kasutada risti. Rahvusvahelistes standardites kasutatakse arvudevahelise korrutusmärgina risti.

**Suuruste väljendamisel arvvärtuse ja ühikuga** tuleb ühiku tähis esitada arvvärtuse järel, jättes nende vahele **tühiku**.

Näited

Ei tohi kirjutada 14A , vaid 14 A.

Kuna ka **protsent** on ühik (nimelt suhtelise suuruse üks võimalikest ühikutest), ei tohi mingil juhul kirjutada 25% , vaid 25 % .

Kui suurus on väljendatud suuruste **summa või vahena**, tuleb see summa või vahe kas panna sulgudesse ja esitada ühiku tähis sulgude järel või väljendada iga suurus koos ühikuga.

Näited

$l = 12 \text{ m} - 7 \text{ m} = (12 - 7) \text{ m} = 5 \text{ m} ;$

$t = 28,4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C} = (28,4 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$  ; ei tohi kirjutada  $28,4 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  ;  
 $\lambda = 220 \times (1 \pm 0,02) \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  .

See reegel käib standardi põhimõtete kohaselt ka suuruste **vahemike** ja **korrutiste** kohta. Nii näiteks ei tohi kirjutada 24...30 A , vaid kas 24 A ... 30 A või (24...30) A või 24 A kuni 30 A . Samuti ei tohi risttahukataolise seadme või eseme mõõtmeid kirjutada nt kujul  $25 \times 30 \times 60 \text{ cm}$  , vaid  $25 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$  .

Sellest nõudest erinevalt lubavad elektripaigaldisi käsitlevad standardid faasi- ja liinipinge koosesitamisel lühidat kirjutusviisi nt kujul 230/400 V.

**Matemaatiliste märkide ja operaatorite** kirjutusviisi vaadeldav standard ei käsitle, sest nende esitamise reeglid on sätestatud standardis ISO 31-11 (vt käesoleva artikli algus). Tuleb aga öelda, et arvutite tekstiõõtlustarkvara ei lase selle standardi nõudeid mõnikord rakendada. Nii näiteks nõuab standard tuletise esitamist kujul

$\frac{dx}{dt}$

(operaator d püstkirjas), kuid süsteemi *Microsoft Word* valemiredaktor (*Microsoft Equation*) annab selle kujul

$\frac{dx}{dt}$

(operaator d kaldkirjas). Peale selle ei võimalda sama redaktor suuruste tähistena kasutatavaid kreeka suurtähti kirjutada kaldkirjas, arvusid  $e$  ja  $\pi$  ei lase see aga kirjutada püstkirjas. Seetõttu võivad dokumentidesse tahes-tahtmata tekkida valemid ja avaldised, mis ei vasta ISO 31-11 nõuetele.

**Standardi lisas E** käsitletakse erimärkusena veelkord vigu, mida tehakse suuruste ja ühikute nimede kasutamisel. Rõhutatakse, et suurus ega selle tähis ei sõltu suuruse arvuliseks väljendamiseks kasutatavast ühikust. Mingi eseme pikkus on näiteks üks ja sama, olenemata sellest, mis ühikutes (meetrites, millimeetrites, tollides vm) seda väljendatakse. Ühikut ega selle tähist ei tohi väljendatava suuruse iseloomu arvestamise eesmärgil mingil viisil muuta; nii näiteks ei ole olemas omaette alalisvooluampreid ega vahelduvvooluampreid, vaid tegemist on ühe ja sama ampriga. Ühikutähisteid ei tohi kunagi varustada indeksitega ega muude erimärkidega.

Näited

Ei tohi kirjutada et koostootmisjaama võimsus on  $50 \text{ MW}_{\text{el}}$  ja  $120 \text{ MW}_{\text{th}}$  , vaid et jaama elektriline võimsus  $P_{\text{el}} = 50 \text{ MW}$  ja soojuslik võimsus  $P_{\text{th}} = 120 \text{ MW}$  .

Ei tohi kirjutada, et väikepinge ülempiir on  $50 \text{ V}_{\text{AC}}$  või  $120 \text{ V}_{\text{DC}}$  , nagu see mõnikord mõnes ebakorrektses ingliskeelses tekstis ette tuleb, vaid et väikepinge ülempiir on vahelduvvoolu korral  $50 \text{ V}$  , alalisvoolu korral aga  $120 \text{ V}$  .

Reaktiivvõimsusühik ei ole mitte voltamper-reaktiivne (VAr), vaid varr (var).

Mittesüsteemsete energiaühikute elektronvolt (eV) ja kivisöe-tingkütusetonn (tce) kirjutusviis on korrektne, sest tegemist ei ole voldi ega tonni mingi lisaiseloomustusega.

Standardis on öeldud ka seda, et füüsikalisi **suurusi** ei tohi nimetada nende **ühikute** järgi. Seega ei tohi kasutada nt sõnu metraaž, litraaž, tonnaaž, amperaaž, oomiline takistus jms, vaid tuleb öelda pikkus, maht, mass, vool (või, kui on teada nende

sõnade täpsem tähendus – kogupikkus, nimimaht, arvutuslik koorem, nimivool vms), alalisvoolutakistus jne.

Seda põhimõtet on muide hakatud justkui arvestama ka ingliskeelsetes standardites – termini *voltage* asemel on viimasel ajal mitmel pool näha terminit *tension*. Vene keeles loetakse juba ammu termineid *низковольтная сеть* ja *высоковольтная сеть* ebakorrekseteks ja nõutakse, nagu ka rahvusvaheline standard soovib, kasutada korrektseid termineid *сеть низкого напряжения* ja *сеть высокого напряжения*.

Eesti keeles tuleb ette ka muid standardeile mittevastavaid ühikunimesid (jooksev meeter, ruumimeeter, tihumeeter jm).

**Standard EVS-EN 60027-2:2007**, standardisarja EVS-EN 60027 teine osa, esitab üksikasjalist teavet telekommunikatsioonis (eeskätt raadio- ja telefonsides ning televisioonis), informatsiooniteoorias ja andmekäsitluses kasutatavate suuruste ja ühikute ning nende tähttähistega kohta. Ühtlasi esitatakse reeglid arvutustel kasutatavate maatriksite kirjutusviisi kohta. Eraldi tabelina on esitatud ühikute kahendkordsete eesliited ( $2^{10}$  – kibi-,  $2^{20}$  – mebi- jne).

**Standard EVS-EN 60027-3:2007** esitab nõuded naturaali-, kümnend- ja kahendlogaritmidel põhinevate suuruste ja suurussuhete ning nende ühikute tähistega kohta. Standard sisaldab nõudeid ka informatsiooniteoorias kasutatavate logaritmiliste suuruste ja nende ühikute kohta.

**Standard EVS-EN 60027-4:2007** sätestab pöörlevate elektrimasinate iseloomustamiseks kasutatavate suuruste ja ühikute nimed ja tähised. Olulisi muudatusi võrreldes seni kasutusel olnud nimede ega tähistega ei ole.

**Standard EVS-EN 60027-6:2007** sätestab juhtimis- ja reguleerimistehnikas ning automaatjuhtimise teoorias kasutatavate funktsioonide, suuruste ja ühikute nimed ja tähised. Muudatuste hulgast võib mainida, et senine automaatjuhtimistermin *juhtimise veamuutuja* on asendatud terminiga *juhtimise erinevusmuutuja*, et mitte tekitada vasturääkivust metroloogias teises tähenduses kasutatava terminiga *viga*.

Mida hakkab sisaldama praegu veel puuduv standard IEC 60027-5 ja millal see Euroopa ning Eesti standardina välja antakse, ei ole veel teada.