

Б.В. Клименко

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЛІТЕРНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ПУБЛІКАЦІЙ В МІЖНАРОДНИХ ВИДАННЯХ

Розглянуто рекомендації щодо позначень величин відповідно до стандарту Міжнародної електротехнічної комісії IEC 60027-1. Наведено приклади оформлення позначень величин за правилами цього стандарту.

Рассмотрены рекомендации относительно обозначений величин в соответствии со стандартом Международной электротехнической комиссии IEC 60027-1. Приведены примеры оформления обозначений величин по правилам этого стандарта.

ВСТУП. ТЕРМІНОЛОГІЯ І ПОЗНАЧЕННЯ

Невпинне розширення міжкультурних комунікацій у науковій та технічній сферах – характерна ознака нашого часу. Усе більша кількість науковців виїжджає на міжнародні конференції з доповідями та повідомленнями, публікує результати власних досліджень у престижних закордонних періодичних виданнях. Разом з тим, вітчизняні автори наукових доповідей та статей стикаються з низкою складнощів, пов'язаних не тільки з термінологічними відмінностями, які склалися за багато років існування «залізної завіси», а й навіть з позначенням фізичних величин, адже позначення, які застосовуються у вітчизняній науково-технічній літературі [1], у багатьох випадках не відповідають міжнародній практиці [2].

Слід зазначити, що відкриття Міжнародною електротехнічною комісією (International Electrotechnical Commission – IEC) на початку 2008 року вільного доступу в Інтернеті до Міжнародного електротехнічного словника (International Electrotechnical Vocabulary – IEV або Electropedia) [3], який є стандартом IEC 60050, на перший погляд, наблизило міжнародну електротехнічну термінологію до вітчизняних інженерів та науковців, але це лише на перший погляд.

По-перше, визначення понять в Інтернет-версії IEV надаються лише англійською та французькою мовами, хоча відповідно до Директив ISO/IEC [4] (ISO – International Organization for Standardization – Міжнародна організація зі стандартизації, що опікується усіма галузями крім електротехнічних, які є прерогативою IEC) мають наводитися французькою (fr), англійською (en) та російською (ru) мовами. Ці три мови вважаються основними мовами (principal IEV languages). Ще вісім мов, а саме арабська (ar), німецька (de), іспанська (es), італійська (it), японська (ja), польська (pl), португальська (pt) та шведська (sv), вважаються додатковими мовами (additional IEV languages). Цими мовами мають наводитися тільки терміни. Насправді ж мовна наповненість Інтернет-версії IEV не відповідає вимогам Директив ISO/IEC – російською мовою перекладаються лише терміни (без визначень), причому станом на квітень 2010 р. перекладено терміни лише дев'яти з 81 частин IEV. Отже, російська мова на сьогодні фактично може розглядатися як додаткова мова IEV, та й ще у дуже обмеженому вигляді.

По-друге, IEV містить лише базові електротехнічні поняття. І хоча цих базових понять приблизно

20 000 (здається, дуже багато, і знов таки-ж – на перший погляд), у такій галузі, як електричні апарати комутації або розподілення електричної енергії, керування й захисту, величезна кількість важливих понять (набагато більше, ніж у частині 441 IEV – Switchgear, controlgear and fuses, яка присвячена цим апаратам) визначається у профільних стандартах IEC, тобто у стандартах на окремі групи електричних апаратів, а ці стандарти, на відміну від IEC 60050, не є відкритими в Інтернеті, а для їх придбання потрібні гроші, й чималі.

По-третє, значну кількість офіційних англомовних термінів дуже важко перекладати, адже у визначеннях часто-густо міститься звичний для «них» і незрозумілий для «нас» електротехнічний сленг. Наприклад, дуже дивно, як на перший погляд, виглядає термін «electronic momentary contact switch» (все ж таки, про який вимикач йде мова – електронний чи контактний?), а для тих, хто ознайомлений з особливостями англомовної термінології, нічого незрозумілого у цьому терміні немає, адже «electronic switch» – це не електронний вимикач, а вимикач який має відношення до електроніки, електронних пристроїв. Отже, «electronic momentary contact switch» – це кнопковий вимикач з контактним комутаційним елементом, призначений для роботи в електронних пристроях.

Як бачимо, складнощі застосування міжнародної електротехнічної термінології є дуже серйозними, але нещодавно опубліковані посібники [5, 6], дають можливість зацікавленим фахівцям, принаймні у галузі електричних апаратів, користуватися цією термінологією.

Стосовно ж позначень фізичних величин можна сказати, що у вітчизняній науково-технічній літературі панує практика застосування давнього, ще радянського стандарту – ГОСТ 1494-77. Це й не дивно, адже у цьому документі було зазначено буквально таке: «Буквенные обозначения, установленные в настоящем стандарте, обязательны для применения в документации всех видов, учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе». І хоча у тому ж самому стандарті зазначено, що він «... полностью соответствует СТ СЭВ 3231-81, Публикация МЭК 27-1¹, 27-1а и 27-2 и рекомендации ИСО R31», насправді ГОСТ 1494 у дуже великій кількості деталей, подекуди

¹ Починаючи з 1998 р., до номерів Публікацій IEC (стандарти, технічні звіти тощо) стали додавати 60000, отже «Публикация МЭК 27-1» – це зараз перша частина групи стандартів 60027 – IEC 60027-1.

достатньо принципових, відрізняється від сутності положень ІЕС 60027-1 (а зараз ні для кого вже не є тамницею, що диявол криється саме у деталях!). Оскільки дана стаття має суто інформаційний, а не аналітичний характер, ми не будемо переобтяжувати читача порівнянням зазначених стандартів, а надамо лише інформацію щодо основних правил літерних позначень, зафіксованих у міжнародному стандарті ІЕС 60027-1, супроводжуючу цю інформацію прикладами оформлення математичних формул. При цьому ми не будемо жорстко дотримуватися тієї послідовності викладення матеріалу, яка має місце у стандарті ІЕС 60027-1, а до прикладів, наведених у стандарті, додамо власні, які, на наш погляд, сприятимуть кращому розумінню матеріалу.

1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗОБРАЖЕННЯ СИМВОЛІВ ВЕЛИЧИН

У стандарті ІЕС 60027-1 застосовується термін «printing», який поєднує два поняття: власне «друкування» (printing) та «написання» (writing). У даній публікації ми будемо застосовувати це узагальнене поняття у формі «зображення», розповсюджуючи його на друковану та письмову форми.

Символи для позначення величин (symbols for quantities) – це зазвичай одиночні літери латинського та грецького алфавітів (додаток А), іноді з індексами (subscripts) або іншими модифікувальними позначками або знаками (modifying signs). Для символів бажано застосовувати шрифт Times New Roman. Символи зображують курсивом (italic) незалежно від типу шрифту, який застосовується в решті тексту. Для позначення векторних величин слід застосовувати напівжирний шрифт. Як виняток, для позначення величин іноді застосовують дві літери (наприклад Re – число Рейнольдса). Якщо такий дволітерний символ застосовується як множник у добутку, його слід відділяти від інших символів. Стандартизовані символи для зображення величин та констант, які зазвичай застосовуються в електротехніці, наводяться в ІЕС 60027-1 у таблицях 1 – 5. У даній публікації (у додатках Б – Е наприкінці статті) ми наведемо лише деякі символи, які найчастіше застосовуються в електротехніці та електромеханіці.

Кількість фізичних величин, які застосовуються в електротехніці та електромеханіці, набагато перевищує кількість літер латинського та грецького алфавітів, тому, коли у певному контексті для різних величин стандарт пропонує однакові літерні позначення (наприклад, в одній формулі фігурують механічна сила та магніторушійна сила – МРС, для яких у стандарті надається однакове позначення – F), розрізнення цих величин може бути зроблено за допомогою індексів (subscripts). Для індексів слід застосовувати літери латинського та грецького алфавітів, числа та деякі спеціальні символи (наприклад, «//» – паралельний, « \perp » – перпендикулярний, «-» – постійний, « \sim » – змінний тощо). Усі індекси мають бути зображені прямим шрифтом за двома винятками, коли їх слід зображати курсивом:

- 1) індекс позначає символ фізичної величини;
- 2) індекс складається з одного або декількох літерних символів, які позначають порядкові числа.

Приклади зображення символів величин із застосуванням індексів

Прямі (upright, roman) індекси:

C_g – теплоємність у газоподібному стані (g : heat capacity in the gas phase);

g_n – стандартне (нормальне до поверхні землі) прискорення вільного падіння (n : standard (normal) acceleration of free fall);

μ_r – відносна магнітна проникність (r : relative permeability);

E_k – кінетична енергія (k : kinetic energy);

χ_e – діелектрична сприйнятливості (e : electric susceptibility);

$T_{1/2}$ – період напіврозпаду (1/2: half-life, half-period).

Похилі (italic, sloping) індекси:

C_p – теплоємність при незмінному тиску (p : heat capacity at constant pressure);

ρ_m – густина (питома вага) речовини (m : mass density, volumic mass);

H_x – проекція вектору напруженості магнітного (магнетного) поля (magnetic field strength) на вісь абсцис (x : x coordinate);

M_{ik} – взаємна індуктивність (mutual inductance) контурів струму з поточними номерами i та k (i, k : running numbers).

У більшості випадків для розрізнення величин застосовуються індекси, але інколи доречно застосовувати інші розпізнавальні ознаки, такі як типографські символи або варіанти шрифтів. У деяких випадках припустимо застосовувати різні, але зв'язані літерні символи.

Розглянемо деякі приклади розрізнення величин.

Індекси:

B_0 – магнітна (магнетна) індукція у вакуумі (magnetic flux density in vacuum; 0 : число, а не літера);

I_a, I_b, I_c , etc – струми у різних провідниках (current in different conductors);

f_{\min} – мінімальне значення частоти (minimum value of frequency);

Варіанти шрифтів:

i – миттєве значення струму (instantaneous value of current);

I – середньоквадратичне значення струму (root-mean-square value of current);

F – вектор сили (force vector);

Типографські символи:

\hat{i}, \hat{I} – пікове значення струму (peak value of current).

Різні, але зв'язані літерні символи:

α, β, γ – три різні кути (three different angles).

2. ОСНОВНІ ПРАВИЛА ПОБУДОВИ ІНДЕКСІВ

2.1. Порядок надання переваг

Індексам та іншим розпізнавальним ознакам, які є незалежними від мови (див. 2.2) та индексам міжнародного характеру (див. 2.3) слід надавати перевагу над іншими формами індексів (див. 2.4).

2.2. Індекси та інші розпізнавальні ознаки, які є незалежними від мови

Індекси

Індексами незалежними від мови можуть бути числа, математичні символи та знаки, послідовності літер, посилальні літери, літерні символи для величин

Слова, що не походять від латини та грецької мови

Багато слів, створених вже у новий час для наукових та технічних цілей, мають міжнародний характер і аббревіатури таких слів є придатними для застосування у якості індексів.

Приклад:

C_g – теплоємність у газоподібному стані (heat capacity in the gas phase).

2.4. Інші індекси

Якщо не можливо в окремих випадках знайти латинські, грецькі та інші міжнародні слова, з яких можна створити задовільний індекс, перевагу слід надати довільно підібраним літерам або цифрам. Якщо ж такий спосіб видається непридатним, підбір індексу слід здійснити із слів, які є спільними для багатьох мов.

2.5. Деякі зауваження

Коли індекс, побудований за викладеними вище правилами, неоднозначно або недостатньо визначає сутність величини, його значення має бути уточнене. Наприклад, індекс «i» може означати «initial» (початковий), «induced» (наведений, індукований), «intrinsic» (власний). Запобігти неоднозначності можна застосуванням більш довгих індексів, наприклад, «ini» для «initial», «ind» для «induced», «intr» для «intrinsic».

Індекси, які є аббревіатурами слів, що не є власними іменами, зазвичай записуються малими літерами, але іноді доречно застосовувати в індексах одночасно великі та малі літери аби розрізнити їх значення, що має бути визначено. У такий спосіб у певному контексті велика літера в індексі може бути застосована для позначення сумарного значення величини, а малі літери в індексах – для позначення компонент цієї величини. В іншому контексті великі літери в індексах можуть бути застосовані для позначення зовнішніх значень, а малі літери – для позначення внутрішніх значень.

2.6. Складені індекси

Застосування складених індексів тобто індексів, які складаються з декількох частин, слід уникати. Коли складений індекс все ж таки застосовується, його частини слід розташовувати на одному рівні. Єдиним винятком може бути випадок, коли літерний символ, що застосовується як індекс, складається з літери з індексом, наприклад, для температурного коефіцієнту α магнітного опору R_m повний символ може бути записаний у неспрощеній формі як α_{R_m} , а у спрощеній формі як α_{Rm} .

Різні частини складеного індексу можуть бути відділені одна від одної невеликими інтервалами. Слід уникати застосування ком між частинами складеного індексу, але якщо треба запобігти двозначності, коми можуть бути застосовані. З тією ж метою частини індексу можна брати у дужки. Загального правила щодо частин індексів не існує, але бажано першою розташовувати частину, яка позначає вид величини, а частину, яка позначає особливі умови, слід розташовувати останньою. Як вже зазначалося, загальних правил щодо формування складених індексів не існує, тому порядок розташування частин індексу може також залежати від точки зору автора.

Наведемо декілька прикладів складених індексів:

$R_{m \max}$ – максимальне значення магнітного опору (maximum value of reluctance);

\hat{u}_{bv} – пікове значення змінної частини напруги в точці b (peak value of variable part of voltage at b);

$i_{4(2)}$ – миттєве значення другої гармоніки у провіднику 4 (instantaneous value of the second harmonic of current in conductor 4);

L_{mn} – взаємна індуктивність (mutual inductance) контурів з номерами m та n ;

$Z_{12,13}$ – елемент 12-го рядку та 13-ї колонки матриці імпедансу (element in the twelfth row and the thirteenth column of an impedance matrix);

J_{3y} – y -компонента третьої гармоніки густини струму J ;

J_{J3} – третя гармоніка y -компоненти густини струму J .

Складених індексів можна уникнути за рахунок представлення у функціональній формі, наприклад енергоємність акумуляторної батареї при розряді її впродовж трьох годин при температурі -40°C може бути представлена так: $W(3h, -40^\circ\text{C})$.

3. КОМБІНАЦІЇ СИМВОЛІВ ВЕЛИЧИН. В ЕЛЕМЕНТАРНИХ ОПЕРАЦІЯХ З ВЕЛИЧИНАМИ. ЗАМІЩЕННЯ ЛІТЕР

3.1. Елементарні операції з величинами

Коли символи величин поєднані у добутку (product), цей процес поєднання може бути представлений одним з таких способів:

$$ab, a b, a \cdot b, a \times b$$

Примітка. У деяких сферах, зокрема у векторному аналізі, існує розрізнення між $a \cdot b$ (скалярний добуток – scalar product, dot product) та $a \times b$ (векторний добуток – cross product, vector product).

Ділення (division) однієї величини на іншу може бути представлено одним з таких способів:

$$\frac{a}{b}, a/b$$

або зображенням добутку a та b^{-1} , наприклад $a \cdot b^{-1}$.

Ця процедура може розповсюджуватися на випадки, коли чисельник та (або) знаменник самі є добутками або дробами, але у таких комбінаціях знак ділення (/ – solidus) не повинен слідувати за знаком добутку або іншим знаком ділення в одному рядку, якщо не застосовані дужки з метою запобігання невизначеності у випадках, коли така невизначеність може виникнути.

Приклади:

$$1. \frac{ab}{c} = ab/c = abc^{-1} = a \cdot b/c$$

У цьому прикладі невизначеність не виникає, тому знак ділення може слідувати в одному рядку із знаком добутку без застосування дужок.

$$2. \frac{a/b}{c} = (a/b)/c = ab^{-1}c^{-1}, \text{ але не } a/b/c$$

$$3. \frac{a/b}{cd} = (a/b)/(c \cdot d), \text{ але не } a/b/c \cdot d$$

$$4. \frac{a/b}{c/d} = (a/b)/(c/d), \text{ але не } a/b/c/d$$

Знак ділення (/) може застосовуватися у випадках, коли чисельник (numerator) та (або) знаменник (denominator) містять операції додавання або віднімання, за умови, що до цих операцій застосовані круглі, прямокутні або фігурні дужки (parentheses or brackets or braces).

Приклади:

$$1. \frac{a+b}{c+d} = (a+b)/(c+d)$$

У цьому випадку дужки є необхідними.

$$2. a + \frac{b}{c} + d = a + b/c + d$$

У цьому випадку, враховуючи правило пріоритету операції ділення стосовно операції додавання, невизначеності немає, але краще застосувати дужки:

$$a + (b/c) + d.$$

Дужки слід застосовувати також для того, щоб уникнути невизначеності при використанні інших знаків та символів математичних операцій.

3.2. Заміщення літер

Великі літери можуть бути застосовані як варіант для величин, які стандарт рекомендує позначати малими літерами, й навпаки, якщо не виникає невизначеність.

Наприклад, основним символом для довжини є символ l , а для індуктивності – L . Втім, обидва ці символи (l та L) можуть застосовуватися для позначення як двох довжин, так і для позначення двох індуктивностей. Якщо ж довжина та індуктивність з'являються разом (наприклад, в одній формулі), то символ l бажаніше застосовувати для довжини, а символ L – для індуктивності, а необхідні розрізнення мають бути зроблені засобами індексів.

4. НАЗВИ ТА СИМВОЛИ ОДИНИЦЬ ВИМІРУ

4.1. Міжнародні символи одиниць виміру

Коли існують міжнародні символи одиниць виміру, тільки вони (і жодні інші символи) мають бути застосовані. Ці символи мають бути зображені прямим шрифтом (незалежно від типу шрифту, який застосовується в іншій частині тексту), мають лишатися незмінними у множині та повинні зображуватися без точки за винятком нормальної пунктуації, наприклад наприкінці речення.

Неправильним є будь-яке приєднання до символу одиниці виміру величини іншого символу, який несе інформацію щодо особливостей природи даної величини.

Приклад:

$$U_{\max} = 500 \text{ V (а не } U = 500 \text{ V}_{\max})$$

Символи одиниць виміру зазвичай мають бути зображені малими літерами за винятком тих символів, перші літери яких походять від власних імен.

Приклади:

m – метр (metre); s – секунда (second);
 A – ампер (ampere); V – вольт (volt);
 W – ватт (watt); Wb – вебер (weber).

4.2. Комбінації символів одиниць виміру

Коли зіставна одиниця виміру формується у вигляді добутку двох або декількох одиниць, їх поєднання може бути показано одним з таких способів:

$$N \cdot m, N \text{ m}$$

Примітка. У другому випадку похідна одиниця виміру може бути зображена без інтервалу між складовими одиницями, якщо не виникає непорозуміння, пов'язаних з тим, що зображення символу одиниці виміру співпадає із зображенням префіксу (див. 4.3).

Приклад:

mN означає millinewton, але не metre · newton.

Коли похідна одиниця виміру формується шляхом ділення однієї одиниці виміру на іншу, це може бути показано одним з таких способів:

$$\frac{m}{s}, m/s, m \cdot s^{-1}.$$

Знак ділення (/ – solidus) не повинен слідувати за знаком добутку або іншим знаком ділення в одному рядку, якщо не застосовані дужки з метою запобігання невизначеності у випадках, коли така невизначеність може виникнути. В складних випадках слід застосовувати від'ємні ступені та дужки.

4.3. Зображення та застосування префіксів

Аби запобігти застосуванню дуже великих або дуже малих кількісних значень одиниць, в структурі системи СІ (SI) передбачено застосування десяткових множників та подільників – СІ префіксів (SI Prefixes), які додаються до назв відповідних величин. Множники, назви та символи відповідних префіксів надані у таблиці, наведеній нижче:

Множ.	Префікс	Символ	Множ.	Префікс	Символ
10^{24}	йота – yotta	Y	10^{-1}	деци – deci	d
10^{21}	зета – zetta	Z	10^{-2}	санті – centi	c
10^{18}	екса – exa	E	10^{-3}	мілі – milli	m
10^{15}	пета – peta	P	10^{-6}	мікро – micro	μ
10^{12}	тера – tera	T	10^{-9}	нано – nano	n
10^9	гига – giga	G	10^{-12}	піко – pico	p
10^6	мега – mega	M	10^{-15}	фемто – femto	f
10^3	кіло – kilo	k	10^{-18}	атто – atto	a
10^2	гекто – hecto	h	10^{-21}	zepto – zepto	z
10^1	дека – deca	da	10^{-24}	йокто – yocto	y

Символи для префіксів мають бути зображені прямим шрифтом (in roman) без інтервалу між символом префіксу та символом одиниці виміру.

Не можна застосовувати складені префікси.

Приклад:

Слід писати nm (нанометр – nanometre) для 10^{-9} m, але не можна писати m μ m (millimicrometre – мілімікрометр).

Символ префіксу застосовується у комбінації з простою одиницею виміру, до якої він приєднаний, формуючи з ним новий символ (з десятковою кратністю), який може бути піднесений до додатного або від'ємного ступеня і який може бути об'єднаний з іншими символами одиниць виміру, утворюючи зіставні одиниці виміру (див. 4.2).

Приклади:

$$1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$
$$1 \text{ }\mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$$
$$1 \text{ kA/m} = (10^3 \text{ A})/\text{m} = 10^3 \text{ A/m} = (10^3 \text{ A})/(100 \text{ cm}) = 10 \text{ A/cm}$$

Примітка. Історично так склалося, що назва базової одиниці маси – kilogram (кілограм) містить назву СІ префіксу «kilo». Натомість назви десяткових кратностей одиниці маси формуються додаванням префіксів до слова «gram», наприклад, milligram (mg) замість microkilogram (μkg).

5. ОКРЕМІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗОБРАЖЕННЯ ЧИСЕЛ, МАТЕМАТИЧНИХ ЗНАКІВ І СИМВОЛІВ, ВИРАЗІВ ДЛЯ ВЕЛИЧИН ТА ЇХ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ

5.1. Числа

Зображення чисел

Числа зазвичай мають бути зображені прямим шрифтом. Для полегшення читання чисел з великою кількістю цифр, такі числа можуть бути поділені на групи (переважно по три цифри), відраховуючи направо або наліво від десяткового знаку. Зазначені групи мають бути розділені малими інтервалами, а не комою, крапкою або у інший спосіб.

Приклади:

1 000 000 – один мільйон;
0,000 001 – одна мільйонна.

Десятковий знак

Десятковим знаком є кома на нижньому рівні рядку (а comma on the line – «,»). Якщо число має значення менше одиниці, десятковий знак повинен слідувати за нулем.

Примітка. В англійських документах замість коми часто застосовується крапка на нижньому рівні рядку тексту («.»). У міжнародних стандартах відповідно до директив ISO/IEC десятковим знаком є кома.

Добуток чисел

Знаком добутку чисел є хрестик (cross – «×») або крапка, розташована на рівні середини рядку тексту (a dot half-high – «·»).

Примітки. 1. Якщо крапка застосовується як знак добутку, то кома має застосовуватися як десятковий знак. Якщо крапка застосовується як десятковий знак, то знаком добутку має бути хрестик.

2. У міжнародних стандартах відповідно до директив ISO/IEC знаком добутку є хрестик.

5.2. Математичні знаки та символи

Математичні знаки та символи, рекомендовані для застосування у фізичних науках та техніці, наведені у стандарті ISO 31, part 11. Деякі знаки та символи, які найчастіше застосовуються в електротехніці, зображені у таблиці, що наведена нижче (IEC 60027, table 8).

Назва (Name)	Знак або базовий символ (Sign or chief symbol)
знак повного диференціалу (ordinary differential sign)	d
знак частинного диференціалу (partial differential sign)	∂
знак варіації (sign of variation)	δ
знак приросту (increment sign)	Δ
знак підсумовування (summation sign)	Σ
знак добутку (product sign)	Π
основа натуральних логарифмів (base of natural logarithms)	e
e у ступені x, експонента від x (e raised to the power x, exponential of x)	$e^x, \exp x$
відношення довжини окружності до діаметру (ratio of circumference to diameter of a circle)	π
уявна одиниця (imaginary unity, imaginary unit)	j, i (резервний символ)
оператор повороту на 3 радіани (3 rad rotative operator)	a
декартові координати (cartesian coordinates)	x, y, z
циліндричні координати (cylindrical coordinates)	ρ, φ, z
сферичні координати (spherical coordinates)	r, θ, φ

Звертаємо увагу, що усі знаки та символи (крім символів координат, які слід розглядати як змінні) мають бути зображені прямим шрифтом.

5.3. Вирази для величин

Символ одиниці виміру має бути розташований через інтервал після кількісного значення у виразі для величини. Якщо величина представлена сумою або різницею значень, то в обох випадках мають бути застосовані дужки для об'єднання числових значень. При цьому загальний символ одиниці виміру має бути розташований після підсумкового кількісного значення або вираз для величини має бути зображений як сума або різниця виразів для величин.

Приклади:

$l = 12 \text{ m} - 7 \text{ m} = (12 - 7) \text{ m} = 5 \text{ m};$
 $\theta = 28,4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C} = (28,4 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$, а не $28,4 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C};$
 $\lambda = 220 \times (1 \pm 0,02) \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}).$

5.4. Комплексне представлення величин

Комплексне представлення величин може бути реалізовано так, як показано нижче, причому обидва способи є еквівалентними.

Реальна частина	X'	$\text{Re } X$
Уявна частина	X''	$\text{Im } X$
Комплексна величина	$\underline{X} = X' + j X''$ $\underline{X} = X e^{j\varphi}$ $\underline{X} = X \exp j$ $\underline{X} = X \angle \varphi$	$\underline{X} = \text{Re } X + j \text{Im } X$ $\underline{X} = X e^{j\varphi}$ $\underline{X} = X \exp j\varphi$ $\underline{X} = X \angle \varphi$
Спряжена величина	$\underline{X}^* = X' - j X''$	$\underline{X}^* = \text{Re } X - j \text{Im } X$

6. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗОБРАЖЕННЯ ВЕЛИЧИН, ЯКІ ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ЧАСУ

6.1. Величини, що періодично змінюються у часі

Величини, що періодично змінюються у часі можуть бути позначені так: варіант 1 – коли застосовуються великі та малі літери, варіант 2 – коли застосовуються тільки великі (2a) або тільки малі (2b) літери.

	Варіант 1	Var. 2a	Var. 2b
Миттєве значення	x	\hat{X}	x
Середньоквадратичне значення	X	$\tilde{X}, X_{\text{rms}}$	$\tilde{x}, x_{\text{rms}}$
Пікове значення	$\hat{x}, \hat{X}, x_m, X_m$	\hat{X}, X_m	\hat{x}, x_m
Середнє значення	$\bar{x}, \bar{X}, x_{\text{av}}, X_{\text{av}}$	\bar{X}, X_{av}	\bar{x}, x_{av}

Визначення характеристик величин, що періодично змінюються у часі, сформульовані в IECV:

миттєве значення (instantaneous value: 101-14-10) – значення величини, що залежить від часу у даний момент;
середньоквадратичне значення (root-mean-square value; rms value; quadratic value: 101-14-15) – для величини x, що залежать від часу – це додатне значення квадратного кореня від середнього значення квадрату цієї величини впродовж даного інтервалу:

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} [x(t)]^2 \cdot dt}$$

Примітка. Для величини, що періодично змінюється у часі, інтервал інтегрування містить ціле число періодів.
пікове значення (peak value: 101-14-11) – найбільше значення величини впродовж визначеного інтервалу часу

Примітка. Для величини, що періодично змінюється у часі, інтервал часу має тривалість періоду.

середнє значення (mean (value), (arithmetical) mean, (arithmetical) average) – для величини, що залежать від змінної (наприклад, часу) – це інтеграл від цієї величини, взятий між двома заданими значеннями змінної, поділений на різницю між даними значеннями:

$$\bar{X} = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} x(t) \cdot dt \right]$$

Примітка. Для величини, що періодично змінюється у часі, інтервал інтегрування містить ціле число періодів.

Окремим випадком періодичних величин є синусоїдальні величини.

синусоїдальна величина (sinusoidal quantity: 101-14-34) – періодична змінна величина, представлена добутком дійсної константи та синусоїдальної або косинусоїдальної функції аргументу, який є лінійною функцією незалежної змінної

Примітки. 1. Дійсною константою може бути скалярна, векторна або тензорна величина.

2. Прикладами синусоїдальних величин можуть бути $a(t) = A_m \cos(\omega t + \vartheta_0)$ як функція часу t або $a(x) = A_m \cos[k \cdot (x - x_0)]$ як функція змінної x .

Поняття амплітуди є характеристикою, яка застосовується лише до синусоїдальних величин.

амплітуда (amplitude: 101-14-35) – пікове значення синусоїдальної величини

Примітка. Для величини $A_m \cos(\omega t + \vartheta_0)$ амплітудою є A_m .

Для періодичних величин застосовують також такі характеристики як низинне значення та значення розмаху екскурсія (excursion).

низинне значення (valley value: 101-14-12) – найменше значення величини на визначеному інтервалі часу

Примітка. Для періодичної величини таким інтервалом має бути період.

значення розмаху (peak-to-valley value: 101-14-13) – різниця між піковим та низинним значеннями на одному визначеному інтервалі часу

Примітка. Для періодичної величини таким інтервалом має бути період.

Для синусоїдальної величини $A_m \cos(\omega t + \vartheta_0)$ піковим значенням є A_m , низинним значенням є $-A_m$, а значенням розмаху є $2 \cdot A_m$.

6.2. Величини, що змінюються у часі не періодично
Величини, що змінюються у часі можуть бути періодичними, перехідними та випадковими.

Змінна величина часто може бути представлена комбінацією, наприклад сумою, добутком, поліномом та інших компонентів, які є функціями, наприклад тригонометричними, експоненціальними, функціями розподілення тощо.

Стандарт ІЕС 60027-1 призначений для кодифікації додаткових символів комбінацій функцій або особливих значень (наприклад, миттєвих, середньоквадратичних) або більш складних величин, що залежать від часу (наприклад, модульовані хвилі, серії імпульсів тощо). У зв'язку з цим, для такої кодифікації бажано мати систему символів, яка є незалежною від мови.

Стандартизовані позначення характеристик періодичних величин наведені в ІЕС 60027-1, table 9. У цій таблиці наведено приклади застосування двох типів позначень – за допомогою літерних індексів та за допомогою спеціальних друкарських символів (‘~’ тощо). Оскільки переважна більшість науково-технічних документів готується за допомогою редактора текстів MS Word та редактора формул MS Equation, які погано пристосовані до застосування друкарських символів, ми у даній публікації надамо перевагу літерних індексів.

миттєве значення (instantaneous value)	x
абсолютне (absolute) миттєве значення	$ x $
максимальне значення (maximum value)	x_m
пікове значення (peak value)	x_{mm}
мінімальне значення (minimum value)	x_{min}
низинне значення (valley value)	x_v
значення розмаху (peak-to-valley value)	x_e

Символ величини, яка є залежною від часу, сам по собі передбачає залежність від часу, тому він показує миттєве значення.

Коли у тексті застосовуються великі та малі літери, малі літери слід застосовувати для позначення миттєвих значень, а великі літери – для позначення середніх (у тому числі й середньоквадратичних) значень. Якщо таке розрізнення не вдається застосувати, то для того, щоб підкреслити, що дана величина є миттєвою, до її позначення слід додати літеру t у дужках.

Приклади:

i – миттєве значення залежного від часу електричного струму;

I – його середньоквадратичне значення;

$\Phi(t)$ – миттєве значення залежного від часу магнітного потоку.

0,000 001 – одна мільйонна.

Примітка. Літеру t як правий індекс не слід застосовувати для позначення миттєвих значень, тому що такий спосіб зазвичай застосовується для позначення диференціювання за часом.

6.3. Послідовність та розташування інформаційних індексів

Для позначення характеристик окремих компонент величин, що змінюються у часі, застосовують послідовності інформаційних індексів. Розташування у послідовності має певне значення. Наприклад, X_{ABC} позначає певну компоненту величини X . Перша складова зазначеної послідовності визначає тип компоненти: 0 – постійна частина (constant part), а – змінна частина (alternating component), b – періодична або неперіодична компонента, яка повільно змінюється у часі (slowly changing component, periodic or non-periodic). Друга складова послідовності визначає окрему компоненту (наприклад, показує її номер). Третя складова послідовності подає асоційоване значення наприклад, мінімальне, максимальне, пікове значення тощо).

Як приклад, на рис. 1 зображені складові величини x , що змінюється у часі не періодично. Змінна складова x_a величини x є періодичною з піковим значенням $x_{a,m}$ (a). Неперіодична компонента, яка повільно змінюється у часі x_b (b), має пікове значення $x_{b,m}$ і складається з двох компонент – x_{b1} (c) та x_{b2} (d).

Складова x_{b1} має максимальне (найбільше) значення $x_{b1,m}$, а складова x_{b2} – мінімальне (найменше) значення $x_{b2,min}$. Величина x , що змінюється у часі не періодично (е), має пікове значення x_{mm} , низинне значення x_v (в усталеному стані) та значення розмаху x_e .

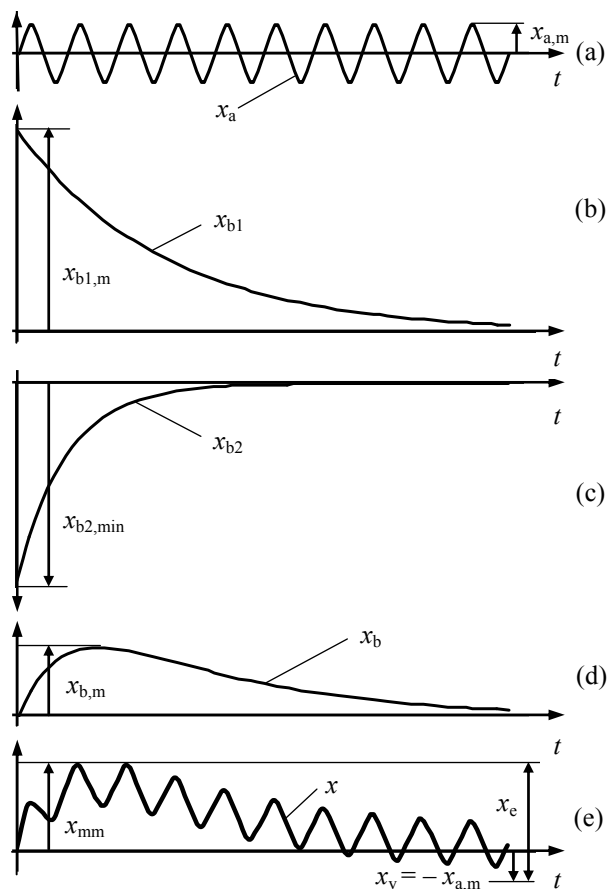


Рис. 1 (Figure 1)

Аби уникнути надто довгих індексів при зображенні періодичної несинусоїдальної величини за допомогою ряду Фур'є (Fourier series), застосовують, наприклад, ліві верхні індекси для позначення порядку компоненти (гармоніки):

$$x_2 = {}^0X_2 + {}^1x_{2,m} \cdot \sin(\omega t + {}^1\alpha_2) + {}^2x_{2,m} \cdot \sin(2\omega t + {}^2\alpha_2) + \dots$$

У цьому виразі позначено: x_2 – періодична несинусоїдальна величина; 0X_2 – постійна частина (constant part) або нульова гармоніка величини x_2 ; ${}^1x_{2,m}$ – амплітуда першої гармоніки (fundamental component) величини x_2 ; ω – кутова частота (angular frequency) коливань першої гармоніки величини x_2 ; t – час (time); ${}^1\alpha_2$ – фазний кут першої гармоніки величини x_2 ; ${}^2x_{2,m}$ – амплітуда другої гармоніки (2nd harmonic) величини x_2 ; ${}^2\alpha_2$ – фазний кут другої гармоніки величини x_2 ; ...

6.4. Одиначні функції

При розрахунках перехідних процесів застосовують різні одиначні функції: (базовий) одиначний крок ((general) unit step), одиначний крок Хевісайда (Heaviside unit step), функція знаку (function sign, signum), одиначна лінійно зростаюча функція (unit ramp), одиначна імпульсна функція (Dirac function, unit pulse, unit impulse), подвійна одиначна імпульсна функція (unit doublet).

Графіки одиначних функцій та їх позначення наведені нижче у таблиці.

Назва (Name)	Графік (Graph)	Символи (Symbols)
(general) unit step		$\delta^{(-1)}(t)$ $S^{(-1)}(t)$
Heaviside unit step		$\varepsilon(t)$
function sign, signum		$\text{sgn } t$
unit ramp		$t \cdot \varepsilon(t)$
Dirac function, unit impulse		$\delta(t), \delta^{(0)}(t)$ $S(t), S^{(0)}(t)$
unit doublet		$\delta'(t), \delta^{(1)}(t)$ $S'(t), S^{(1)}(t)$

Додаток А ГРЕЦЬКИЙ АЛФАВІТ (THE GREEK ALPHABET)

alpha	альфа	A α	A α	nu	ню	N ν	N ν
beta	бета	B β	B β	xi	ксі	Ξ ξ	Ξ ξ
gamma	гамма	Γ γ	Γ γ	omicron	омікрон	O o	O o
delta	дельта	Δ δ	Δ δ	pi	пі	Π π, ϖ	Π π, ϖ
epsilon	епсілон	E ε, €	E ε, €	rho	ро	P ρ	P ρ
zeta	зета	Z ζ	Z ζ	sigma	сіґма	Σ σ	Σ σ
eta	ета	H η	H η	tau	тау	T τ	T τ
theta	тета	Θ θ, ϑ	Θ θ, ϑ	upsilon	апсілон	Υ υ	Υ υ
iota	йота	I ι	I ι	phi	фі	Φ φ, ϕ	Φ φ, ϕ
kappa	каппа	K κ, ϰ	K κ, ϰ	chi	хі	Χ χ	Χ χ
lambda	лямбда	Λ λ	Λ λ	psi	пси	Ψ ψ	Ψ ψ
mu	мю	M μ	M μ	omega	омега	Ω ω	Ω ω

У наступних номерах журналу ми маємо намір навести (як додатки до даної публікації) таблиці символів величин, символів одиниць виміру, а також найбільш розповсюджених індексів згідно з рекомендаціями ІЕС 60027-1.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- ГОСТ 1494-77. Электротехника. Буквенные обозначения основных величин. – М.: Стандарты, 1981. – 392 с.
- IEC 60027-1. Letter symbols to be used in electrical technology. Part 1: General. Sixth edition, 1992. Corrected and reprinted 1995-03-31. – 115 p.
- <http://www.electropedia.org/>
- ISO/IEC Directives. Supplement – Procedures specific to IEC: Second edition, 2004. – 62 p.
- Клименко Б.В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі. – Навчальний посібник. – Харків: Талант, 2008. – 228 с.
- Клименко Б.В. Електричні та магнітні пристрої, електричні аксесуари, електричні установки. Терміни, тлумачення, коментарі. – Навчальний посібник. – Харків: Точка, 2009. – 272 с.

Надійшла 30.08.2010

Клименко Борис Володимирович, д.т.н, проф.
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"
Україна, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ "ХПІ",
кафедра "Електричні апарати"
тел. +38 057 707 62 81, +38 050 653 49 82
e-mail: kbv@kpi.kharkov.ua, b.v.klymenko@mail.ru

Від редакції. Дану публікацію не слід розглядати як намір змінити вимоги щодо оформлення статей в журналі «Електротехніка і електромеханіка». Публікуючи цей матеріал, ми мали за мету лише ознайомлення читачів з тим, які правила стосовно літерних позначень величин вже багато років діють у світі відповідно до рекомендацій ІЕС та ІСО.

ТАБЛИЦІ СИМВОЛІВ ВЕЛИЧИН, ОДИНИЦЬ ВИМІРУ, КОНСТАНТ ТА ІНДЕКСІВ (ІЕС 60027-1)

З цього номеру журналу ми розпочинаємо публікацію таблиць символів величин та одиниць виміру (таблиця 1), символів констант (таблиця 2), а також найбільш розповсюджених індексів (таблиця 6) згідно з рекомендаціями стандарту ІЕС 60027-1. Одиниці виміру, що наводяться у таблиці символів величин та одиниць виміру, належать до Міжнародної системи одиниць (International System of Units). Застосуванню цієї системи слід надавати перевагу перед іншими системами одиниць. Міжнародна система одиниць ґрунтується на семи базових одиницях – m, kg, s, A, K, cd, mol (метр, кілограм, секунда, Ампер, Кельвін, кандела та моль). Ці одиниці виміру прийнято називати одиницями виміру в системі СІ (SI units). Позначення SI було ухвалено у 1960 році на 11-й Генеральній конференції з мір та ваг ("Conference Generale des Poids et Mesures" – CGPM). Назви одиниць англійською мовою, наведені у таблицях, ухвалені CGPM.

Таблиця символів величин та одиниць виміру в ІЕС 60027-1 містить не тільки величини, що відносяться до електротехніки (як у ГОСТ 1494 – Електротехніка буквенные обозначения основных величин),

а практично до усіх розділів фізики, що дуже важливо для таких галузей електротехніки, як електромеханіка, електроосвітлення тощо, де крім величин, пов'язаних з електрикою та магнетизмом, застосовуються також величини із суміжних галузей – механіки, фізики тепла, фізики світла.

Номери наведених нижче таблиць та пунктів у таблицях такі ж самі, як і у шостій редакції стандарту ІЕС 60027-1 (1992 р.), відкоригованій та опублікованій у 1995 році. Таблиця символів величин та одиниць виміру (таблиця 1) поділена на декілька розділів за ознаками певної спорідненості (простір та час, періодичні та пов'язані величини, механіка, електрика та магнетизм, тепло, світло).

Круглі дужки іноді застосовуються у поєднанні з назвами деяких величин в таблиці 1, виходячи з таких підстав:

- щоб позначити слово, яке може бути прибрано з назви величини; таке застосування дужок є сумісним з Міжнародним електротехнічним словником – IECV;
- щоб позначити альтернативну назву величини;
- щоб заключити деякі пояснювальні слова.

Table 1 – Symbols for quantities and their units (Таблиця 1 – Символи величин та їх одиниць виміру)

Item number (№ п.п.)	Quantities (Величини)			SI units (Одиниці виміру в системі СІ)	
	Name of quantity / Назва величини	Chief symbol (Основне позначення)	Reserve symbol (Резервне позначення)	Name / Назва	Symbol (Позначення)
1	2	3	4	6	7
Space and time (Простір та час)					
1	angle (plane angle) / кут (плаский кут)	$\alpha, \beta, \gamma, \vartheta, \varphi^{1)}$		radian / радіан ²⁾	rad ³⁾
2	solid angle / тілесний кут	Ω	ω	steradian / стерадіан	sr ³⁾
3	length / довжина	l, L		metre ⁴⁾ / метр	m
4	breadth / ширина	b		metre / метр	m
5	height, depth / висота, глибина	h		metre / метр	m
6	thickness / товщина	d, δ		metre / метр	m
7	radius, radial distance / радіус, радіальна відстань	r, R		metre / метр	m
8	diameter / діаметр	d, D		metre / метр	m
9	length of path, line segment / довжина траєкторії, відрізок прямої	s		metre / метр	m
10	area, surface area / площа, площа поверхні	A	S	square metre / квадратний метр	m ²
11	об'єм / volume	V	v	cubic metre / кубічний метр	m ³
12	time / час	t		second / секунда ⁵⁾	s
13	angular velocity / кутова швидкість	ω	Ω	radian per second / радіан у секунду	rad/s*
14	angular acceleration / кутове прискорення	α		radian per second squared / радіан у секунду в квадраті	rad/s ²
15	speed (linear), velocity / (лінійна) швидкість	v		metre per second / метр у секунду	m/s
16	(linear) acceleration / (лінійне) прискорення	$a^{6)}$		metre per second squared / метр у секунду в квадраті	m/s ²
17	acceleration of free fall / прискорення вільного падіння	g		metre per second squared / метр у секунду в квадраті	m/s ²

Примітки.

- 1) Інші придатні літери грецького алфавіту можуть також застосовуватися як основні символи. Для позначення кута повороту рекомендується застосовувати символ ϑ .
- 2) У деяких випадках кути обчислюють у градусах, мінутах та секундах (degree, minute, second) з позначеннями "...°", "...'" та "...".
- 3) Тут і далі "rad" та "sr" можуть бути замінені на "1", оскільки відповідні одиниці виміру є безрозмірними.
- 4) В англійській мові застосовується форма "meter".
- 5) У деяких випадках час обчислюють у хвилинах та годинах (minute, hour) з позначеннями min, h
- 6) $a = d v / d t$

Продовження у наступних номерах