

Є. А. Бондаренко, канд. техн. наук, доц.

## ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИ ЗНАЧЕННЯ НАПРУГ ДОТИКУ ТА СТРУМІВ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДЕЙ З ПОБУТОВИМИ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ

*Запропоновано методику нормування гранично допустимих величин напруг дотику та струмів промислової частоти для побутових електроустановок з урахуванням енергії, яка поглинається тілом людини.*

### Вступ

Дослідження в галузі електробезпеки, проведені в Україні і за кордоном, показують, що рівень електротравматизму як в промисловості, так і в побуті є недопустимо високим. При цьому, щорічна кількість побутових електротравм значно перевищує виробничі і впродовж декількох останніх десятиліть спостерігається їх зростання [1, 2]. Щорічно від ураження електричним струмом в Україні гинуть біля 1500 осіб, з них — біля 300 дітей, в 5–6 разів більше осіб одержують електротравми, що приблизно в шість разів перевищує показники технологічно розвинених країн [1].

Наведене вище свідчить про наявність в Україні серйозної проблеми з електротравматизмом як на виробництві, так в побуті. За кожною електротравмою, і особливо тяжкою, стоїть трагедія особи, сім'ї, суспільства, значні матеріальні втрати і втрати трудових ресурсів, несприятливі для суспільства морально-етичні та соціально-політичні наслідки.

Досягнення позитивних змін в динаміці побутового електротравматизму в першу чергу потребує удосконалення нормативної бази з питань електробезпеки. Діючий в Україні стандарт [3], щодо допустимих струмів і напруг дотику та тривалості їх дії для аварійного режиму роботи побутових електроустановок напругою до 1000 В частотою 50 Гц (табл. 1) не враховує взаємозв'язок з кількістю енергії, яка поглинається тілом людини.

Таблиця 1

**Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму, що проходить через тіло людини у аварійному режимі роботи побутових електроустановок напругою до 1000 В частотою 50 Гц**

Вид струму	Нормована величина	Гранично допустимі значення, не більше, при тривалості дії струму $t$ , с											
		0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	більше 1,0
Змінний, 50 Гц	$U$ , В	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	12
	$I$ , мА	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2

Гранично допустимі струми короткочасних (до 1 с) дій в чинному нормативі базуються на концепції запобігання фібриляції шлуночків серця. Однак, смертельні наслідки ураження можуть бути зумовлені й порушеннями функцій системи дихання чи шоком, для яких достатня сила струму, менша від сили фібриляційного струму. Фібриляційний механізм ураження, особливо в електроустановках з номінальною напругою до 1000 В, не є характерним і домінуючим. За [5] фібриляцією зумовлені лише 7 % смертельних електротравм. Розслідування багатьох випадків смертельних уражень з ретельним відтворенням їх обставин показали, що в 84 % випадків струм ураження не перевищував 20 мА, а тривалість, за якої струм такої сили зумовлював смертельні наслідки, не перевищувала 0,2–0,3 с [5]. Як впливає з табл. 1 для такої тривалості допустима сила струму становить відповідно 200 та 100 мА.

### Результати дослідження

Автором цієї статті пропонується дещо інший підхід нормування гранично допустимих рівнів напруг дотику та струмів для аварійного режиму роботи побутових електроустановок

напругою до 1000 В частотою 50 Гц, який ґрунтується на обмеженні енергії, що поглинається тілом людини за час дії електричного струму.

Відповідно до [4] допустиму величину енергії  $W_{h,доп.}$ , яка поглинається тілом людини, можна отримати з виразу

$$W_{h,доп.} = U_{доп.} \cdot I_{h,доп.} \cdot t \cdot \cos \varphi, \tag{1}$$

де  $U_{доп.}$  – граничне значення напруги дотику, В;  $I_{h,доп.}$  – допустима величина струму, що проходить через тіло людини, А;  $\varphi$  – кут зсуву фаз між ними;  $t$  – тривалість дії електричного струму на людину, сек.

Таблиця 2

**Напруга дотику і струм, що протікають через тіло людини у нормальному (неаварійному) режимі роботи електроустановки**

Вид струму	U, В	I, мА
	не більше	
Змінний, 50 Гц	2,0	0,3

Числову величину для  $W_{h,доп.}$  можна визначити з умови, що за граничні значення напруги дотику і струму беруться значення, наведені в табл. 2 відповідно до [3], для нормального (неаварійного) режиму роботи електроустановок з тривалістю дії 10 хвилин, виходячи з реакції відчуття. З урахуванням цієї умови

$$W_{h,доп.} = 2 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 600 \cdot \cos \varphi = 0,36 \cdot \cos \varphi, \text{ Дж.} \tag{2}$$

Вираз (2) отриманий для допустимої енергії, яка поглинається тілом людини середньостатистичних параметрів. В реальних умовах параметри конкретної людини відрізняються від середніх величин, оскільки з побутовими електроустановками можуть взаємодіяти як дорослі, так і діти, тому у вираз для допустимої енергії вводиться поправковий коефіцієнт  $k$ , який знаходиться в межах 0,8...1,2. З урахуванням цього

$$W_{h,доп.} = k \cdot 0,36 \cdot \cos \varphi, \text{ Дж.} \tag{3}$$

Підставивши вираз (3) в (1), отримуємо залежність гранично допустимої напруги дотику від сили електричного струму промислової частоти та часу його дії:

$$U_{доп.} = k \frac{0,36}{I_{h,доп.} \cdot t}, \text{ В.} \tag{4}$$

Отриманий вираз (4) враховує взаємозалежність допустимої напруги дотику від кількості енергії, яка поглинається тілом людини, під час її взаємодії з електроустановками промислової частоти.

В табл. 3 наведена порівнювальна характеристика значень граничних напруг дотиків та струмів у аварійному режимі роботи побутових електроустановок частотою 50 Гц за ГОСТ 12.1.038-82 та виразом (4).

Таблиця 3

**Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму, що проходить через тіло людини у аварійному режимі роботи побутових електроустановок за ГОСТ 12.1.038-82 та ті, що пропонуються**

Вид струму	Нормована величина	Гранично допустимі значення за ГОСТ 12.1.038-82, при тривалості дії струму $t$ , с (не більше)												
		0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	більше 1,0	
Змінний, 50 Гц	U, В	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	12	
	I, мА	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2	
	Пропоновані гранично допустимі значення, при тривалості дії струму $t$ , с (не більше)													
	$t$ , с	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1–12 с	
	U, В	220	200	100	67	60	48	40	35	30	27	24	15	
	I, мА	20	18	18	18	15	15	15	15	15	15	15	2	

## Висновки

Пропонується методика нормування величини напруги дотику струму, що протікає через тіло людини, в аварійному режимі роботи побутових електроустановок промислової частоти в залежності від енергії, яка поглинається тілом людини. Методика дозволяє підвищити рівень електробезпеки під час експлуатації електроустановок.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підруч. / Валерій Цезарійович Жидецький. — Львів. : 2006. — 336 с. — ISBN 966-322-047-3.
2. Основи охорони праці : підруч. / [Ткачук К. Н., Халімовський М. О. Зацарний В. В. та ін.] ; за ред. К. Ткачука і М. Халімовського. — К. : Основа, 2006 — 448 с. — ISBN 966-699-156-X.
3. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов : ГОСТ 12.1. 038–82 ССБТ. [Введен 1983–07–01]. — М. : Издательство стандартов, 1985. — 6 с. — (Ограничение срока действия снято по протоколу № 2—92 Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 2-93) . Переиздание (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в декабре 1987 г. (ИУС 4-88)).
4. Бондаренко Є. Граничнодопустимі значення напруг дотику та струмів промислової частоти / Євгеній Аркадійович // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 2. — С. 31—34. — ISSN 1997-9266.
5. Манойлов Владимир Евстафьевич. Основы электробезопасности. — 5-е изд., перераб. и доп. — Л. : Энергоатомиздат, 1991. — 480 с.
6. Гаждан В. І. Електробезпека на виробництві : навч. посіб. / В. І. Гаждан. — К. : Друкарня журналу «Охорона праці» 1998. — 272 с.

Рекомендована кафедрою безпеки життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 24.01.12  
Рекомендована до друку 4.02.12

**Бондаренко Євгеній Аркадійович** — доцент кафедри безпеки життєдіяльності,  
Вінницький національний технічний університет, Вінниця