

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

ЕНЕРГОЕНТРОПІЙНА КОНЦЕПЦІЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ

Запропонована енергоентропійна концепція електробезпеки у вигляді основних тверджень щодо енергії, яка поглинається тілом людини, і її допустимих значень, що дає можливість підвищити рівень електробезпеки з урахуванням сучасних знань.

Вступ

З кожним роком зростає виробництво та споживання електроенергії, а відтак і кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки.

Конституція України проголошує: «Людина, її життя і здоров'я ... визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю... Обов'язок держави — захищати життя людини». Права людини як споживача електричної енергії визначені Законом України «Про захист прав споживачів», а як працівника — Законом України «Про охорону праці».

Аналіз виробничих нещасних випадків показує, що електротравми становлять біля 1 % від загальної кількості випадків, однак, на ураження електричним струмом припадає біля 15 % смертельних нещасних випадків, а в окремих галузях і більше [1].

Рівень електротравматизму в Україні багаторазово перевищує рівень в технологічно розвинених країнах, де він після помітного спаду в сімдесятих роках минулого століття, зумовленого масовим впровадженням пристроїв захисного вимкнення, стабілізувався на рівні 5 смертельних випадків за рік на мільйон мешканців [2].

Основною причиною незадовільного стану електробезпеки в Україні є недосконалість нормативної бази щодо проектування засобів захисту людей, які взаємодіють з електроустановками. Чинний в Україні стандарт [3], а також рекомендації Міжнародної електротехнічної комісії МЕК [4] щодо допустимих струмів і напруг дотику та тривалості їх дії близькі одні до одних і не враховують взаємозв'язок з кількістю енергії, яка поглинається тілом людини.

Незмінність протягом багатьох років рівня електротравматизму свідчить про необхідність розроблення нової концепції підвищення рівня електробезпеки з урахуванням сучасних знань.

Результати дослідження

Аналіз чисельних даних щодо електротравматизму [5, 6] показав, що експлуатація електроустановок потенційно небезпечна, так як пов'язана з різними процесами, а останні — з використанням (виробленням, транспортуванням, зберіганням і перетворенням) електричної енергії, яка накопичується в устаткуванні, тілі людини й навколишньому середовищі. Неконтрольований вихід енергії у певних умовах супроводжується небажаними подіями — наслідками (електротравми, матеріальний збиток, збитки навколишньому середовищу та ін.). Закономірності в появі відповідних випадків характеризуються такими основними ознаками:

а) електротравми можна інтерпретувати потоками випадкових подій з експоненціальним розподілом часу між їх появою;

б) виникнення кожного конкретного випадку травми є, як правило, наслідком не окремо взятої причини, а ланцюга відповідних передумов;

в) ініціаторами і ланками такого ланцюга служать помилки людей, відмови електроустаткування і несприятливі для людей або електроустаткування дії зовнішнього середовища.

Типовими причинними електротравм виявилася така послідовність подій-передумов: помилка людини, відмова електроустаткування і несприятлива для них зовнішня дія; поява небезпечного чинника (електричної енергії) в несподіваному місці і невчасно; відсутність або несправність передбачених на ці випадки засобів захисту і неточні дії людини в такій ситуації; поширення і дія небезпечних чинників на людину.

Виявлені вище фактори та передумови появи електротравм дозволяють сформулювати енергоентропійну концепцію електробезпеки, яка може бути представлена такими твердженнями:

1. Функціонування системи «електроустановка–людина–середовище» не забезпечує абсолютну безпеку, так як потенційна небезпека ураження людини електричною енергією має прихований, неявний характер за певних умов;

2. Для забезпечення безпечних умов взаємодії людини з електроустановками в певному середовищі раптовий, несанкціонований вихід електричної енергії з електротехнічних систем на людину не має перевищувати граничних значень;

3. Граничні або гранично допустимі значення електричної енергії, що поглинається тілом людини, мають встановлюватися з урахуванням параметрів конкретної людини, граничних значень напруги дотику, струму, що протікає через тіло людини, його роду, частоти, та часу дії;

4. Дія електричної енергії на людину має бути обмежена в просторі та часі;

5. Підвищити рівень електробезпеки людини, яка взаємодії з електроустановками, можна усунувши ланцюг передумов появи електротравм: помилкові і несанкціоновані дії персоналу; погана професійна підготовка; несправності і відмови електроустаткування (низька надійність); несподівані або такі, що перевищують допустимі межі зовнішні дії (агресивний вплив середовища; знос, старіння устаткування) і т. і.

Відповідно до прийнятої концепції електробезпеку слід представляти системою «електроустановка–людина–середовище» з мінімальною вірогідністю спричинення шкоди людині унаслідок звільнення і поширення руйнівних потоків електричної енергії.

Величину енергії промислової частоти, яка поглинається тілом людини, відповідно до [4], можна отримати з виразу

$$W_{h,\text{доп.}} = U_{\text{доп.}} I_{h,\text{доп.}} t \cos \varphi, \quad (1)$$

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

Числову величину для $W_{h,\text{доп.}}$ можна визначити за умови, що за граничні значення напруги дотику і струму беруться значення, наведені в табл., для нормального (неаварійного) режиму роботи електроустановок при тривалості дії 10 хвилин, виходячи з реакції відчуття. З урахуванням цієї умови

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

Таблиця

Гранично допустимі напруга дотику і струм, що протікають через тіло людини при нормальному (неаварійному) режимі електроустановки згідно з ГОСТ 12.1.038-82 [4]

Вид струму	U , В	I , мА
	не більше	
Змінний, 50 Гц	2,0	0,3
Постійний	8,0	1,0

Вираз (2) отриманий для допустимої енергії, яка поглинається тілом людини, середньостатистичних параметрів. В реальних умовах параметри конкретної людини відрізняються від середніх величин, тому у вираз для допустимої енергії вводиться поправочний коефіцієнт k , який знаходиться в межах 0,8...1,2.

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

Аналогічно визначенню допустимої величини енергії промислової частоти, яка поглинається тілом людини, за виразом (1) та даними таблиці отримано вираз для допустимої енергії,

яка поглинається тілом людини, під час взаємодії людини з електроустановками постійного струму

$$W_{h,\text{доп.}} = 4,8k, \text{ Дж.} \quad (4)$$

Таким чином, для забезпечення безпечних умов взаємодії людини з електроустановками в певному середовищі раптовий, несанкціонований вихід електричної енергії з технічних систем на людину W_h не повинен перевищувати допустимих значень:

$$W_h \leq W_{h,\text{доп.}}, \quad (5)$$

де допустимі значення енергії $W_{h,\text{доп.}}$, яка поглинається тілом людини, для змінного струму промислової частоти визначаються за виразом (3), а для постійного струму — за виразом (4).

Висновки

Запропонована енергоентропійна концепція електробезпеки у вигляді основних тверджень щодо енергії, яка поглинається тілом людини, і її допустимих значень, дає можливість удосконалити нормативну базу і підвищити рівень електробезпеки з урахуванням сучасних знань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Маліновський А. А. Теоретичні передумови підвищення рівня електробезпеки / А. А. Маліновський // Гірнична електромеханіка та автоматика : наук.-техн. зб. НГУ. — 2004. — № 72. — С. 51—56.
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. IEC TECHNICAL REPORT 60479-1. Efferts of current on human beings and livestock. Part 1. General aspects. Third edition, 1994-09.
5. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности / Владимир Евстафьевич Манойлов. — 5-е изд., перераб. и доп. — Л. : Энергоатомиздат, 1991. — 480 с.
6. Гордон Г. Ю. Электротравматизм и его предупреждение / Г. Ю. Гордон, Л. И. Вайнштейн. — М. : Энергоатомиздат, 1986. — 256 с.
7. Бондаренко Є. А. Граничнодопустимі значення напруг дотику та струмів промислової частоти / Євгеній Аркадійович Бондаренко // Вісник Вінницького політехнічного інституту — 2011. — № 2. — С. 31—34. — ISSN 1997-9266.

Рекомендована кафедрою хімії та безпеки життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 2.04.12
Рекомендована до друку 11.04.12

Бондаренко Євгеній Аркадійович — доцент кафедри хімії та безпеки життєдіяльності.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця