

Є. А. Бондаренко¹
Т. В. Андрієнко¹
І. Ю. Залізняк¹

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ УКРАЇНИ З ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛУ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА СИСТЕМ

¹Вінницький національний технічний університет

Запропоновано комбінований підхід щодо оцінювання ризиків електротравматизму від дії електромагнітного поля промислової частоти при адаптуванні нормативно-правових актів України до європейського і міжнародного законодавства. Наведено приклад оцінювання ризику електротравматизму з урахуванням міждержавного ГОСТ 12.1.002-84, значення гранично допустимої енергії та запропонованого виразу пробіт-функції, що дало змогу обґрунтувати заходи щодо мінімізації ризику електротравматизму та професійно зумовленого захворювання від дії електромагнітного поля промислової частоти для персоналу електричних станцій та систем.

Ключові слова: норми, ризик, електрична енергія, електротравматизм, електробезпека.

Вступ

Вибір Україною стратегічного курсу на інтеграцію до Європейського Союзу (ЄС) зумовлює нагальну потребу гармонізації національного законодавства з законодавством ЄС [1]. Необхідність впровадження змін до чинного закону ґрунтується не тільки на орієнтації України в бік ЄС, а й на тому факті, що чинне законодавство та його принципи не завжди відповідають сучасним реаліям і фактично не забезпечують створення законодавчих основ безпеки й захисту здоров'я працівників в умовах робочого середовища, адекватних ЄС. Так сучасний стан промислової безпеки та охорони праці на підприємствах, що перебувають у сфері управління Міненергуюгільля України, не можна вважати задовільним. Коефіцієнт частоти нещасних випадків зі смертельними наслідками значно вищий ніж цей коефіцієнт в європейських країнах [2].

На перспективу до 2030 року в об'єднаній енергосистемі України буде зберігатися стратегія розвитку основних електричних мереж, згідно з якою функції передачі та розподілу електричної енергії для забезпечення паралельної роботи з енергосистемами інших країн залишаються за мережами 330 і 750 кВ [3]. Проте, стан магістральних електричних мереж з року в рік погіршується, більшість основного устаткування трансформаторних підстанцій вичерпали свій розрахунковий технічний ресурс, що потребує збільшення кількості проведення ремонтних робіт [4] і, відповідно, призводить до підвищення ризику електротравматизму.

Оцінювання вказаного ризику передбачає основна директива Європейського Союзу 89/391/ЄЕС та підпорядковані їй спеціальні директиви з безпеки праці на робочих місцях (89/654/ЄЕС, 89/655/ЄЕС, 90/269/ЄЕС та ін.).

Сьогодні актуальним є: приведення нормативно-правової бази України в галузі охорони праці у відповідність до сучасних вимог законодавства ЄС з урахуванням оцінки ризиків електротравмування й захисту здоров'я працівників в умовах робочого середовища, формування на базі трьох чинних в Україні систем стандартів безпеки праці (міждержавної Системи стандартів безпеки праці (ССБП)), міждержавних без ССБП та державних стандартів безпеки з єдиною термінологічною і понятійною базами.

Мета дослідження — на основі комбінованого підходу розробити шляхи удосконалення (узгодження) нормативно-правових актів України з електробезпеки з європейським законодавством щодо захисту персоналу електричних станцій та систем від дії електричної енергії.

Результати дослідження

Результати теоретичних та експериментальних досліджень електромагнітного поля в електроустановках 330–750 кВ, тобто електроустановок надвисоких класів напруги (НВН) [5–7] довели, що електробезпека перебування персоналу в електромагнітному полі НВН за напруженістю електричного поля промислової частоти, відповідно до чинних норм, неоднозначно визначається вибором захисних засобів (екранів і тому подібне) в неоднорідних полях, що характерно для відкритих розподільних установок НВН, під час роботи на струмопровідних частинах та поблизу заземлених конструкцій. Чинні в Україні стандарти, які гарантують безпеку праці людини в електричному полі промислової частоти, не враховують: імовірнісний та причинно-наслідковий характер електротравм, параметри конкретного працівника та взаємозв'язок з кількістю енергії, поглинутої його тілом.

Проведений аналіз відомих підходів та методів оцінювання ризику травматизму від дії небезпеки на людину, відповідно до [8], дозволив розробити класифікацію методів кількісного оцінювання ризику травматизму, що дало змогу запропонувати нову методологію оцінювання та аналізу ризику електротравматизму в електроустановках НВН для розв'язання задачі мінімізації ризику електротравматизму в електроустановках НВН за обраним шляхом.

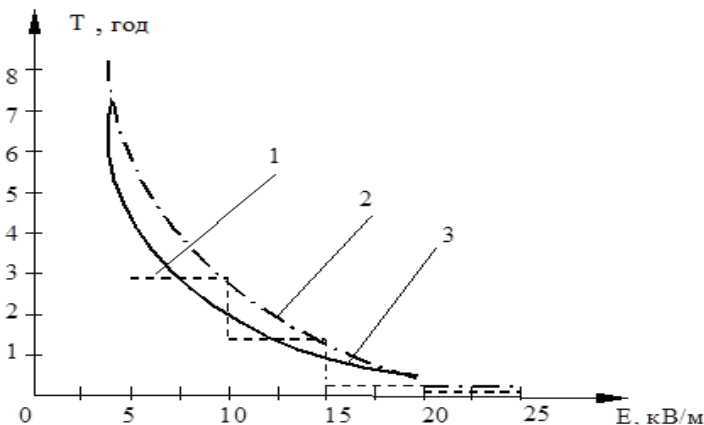
Запропонована методологія, відповідно до [9], ґрунтується на новому — комбінованому підході, який дозволяє врахувати системний, ризик-орієнтовний та енергетичний (враховує значення гранично допустимої енергії, що поглинається тілом працівника, під час виконання робіт в електроустановках НВН) підходи та дає можливість розв'язувати задачі оцінювання та аналізу ризику електробезпеки з урахуванням обраної стратегії.

Застосування комбінованого підходу, відповідно до [9], стало теоретичним обґрунтуванням для удосконалення конкретних методів оцінювання ризику травматизму: логіко-графічних методів — «дерева подій» та «дерева відмов», методу «пробіт-функції», матричного методу «вірогідність небезпеки — збитки» і їх подальшого розвитку при розв'язуванні задач мінімізації ризику електротравматизму в електроустановках НВН що дало змогу авторам внести пропозиції щодо адаптуванні нормативно-правових актів України з електробезпеки до європейського і міжнародного законодавства.

Гармонізація стандартів потребує внесення змін в міждержавний ГОСТ 12.0.003–74 ССБП «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація» в якому вказані лише «небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися крізь тіло людини» і немає згадки про шкідливу дію електричної енергії, що пов'язує низку параметрів, від яких залежить ступінь електротравми.

Пропонується у ГОСТ 12.1.002–84 та ДСанПіН 3.3.6.096-2002, відповідно до [10], нормування гранично допустимого часу T , год. та напруженості електричного поля ПЧ E , кВ/м здійснювати з урахуванням встановленого значення гранично допустимої енергії за запропонованими залежностями, відповідно

$$T = \frac{200 \cdot k}{E^2}; \quad E = \sqrt{\frac{200 \cdot k}{T}}, \quad (1)$$



Графіки залежностей допустимого часу перебування в електричному полі від напруженості ЕП ПЧ

де k — поправковий коефіцієнт, який враховує масу конкретної людини.

На рисунку показані залежності допустимого часу перебування в ЕП ПЧ від напруженості поля:

крива 1 — для ГОСТ 12.1.002-75;

крива 2 — ГОСТ 12.1.002-84 та ДСанПіН 3.3.6.096-2002;

крива 3 — запропонована залежність.

З рис. можна зробити висновок, що дотримання вимог щодо допустимого часу перебування людини під впливом електричного поля промислової частоти (ЕП ПЧ) у діапазоні від 10 до 15 кВ/м зменшує ризик професійно зумовлено-

го захворювання для електротехнічного персоналу, що перебуває в зоні дії електричного поля електроустановок НВН, на відміну від норм, чинних на сьогодні в Україні.

У нормативних документах з електробезпеки персоналу від дії ЕП ПЧ при встановленні допустимих діючих значень струмів промислової частоти та часу його дії для тіла працівника середньої маси, що обслуговує або виконує роботи в електроустановках НВН, авторами роботи [11], пропонується використовувати отриману залежність (2) між допустимим дійсним значенням струму промислової частоти $I_{h, \text{доп.}}$, мА, що протікає по тілу людини, часом його дії та дійсним значенням напруги дотику $U_{\text{доп.}}$, В з урахуванням маси реальної людини та значення допустимої енергії.

$$I_{h, \text{доп.}} = \frac{0,36k}{U_{\text{доп.}} \cdot t}, \quad (2)$$

де t — тривалість дії електричного струму на людину, с.

Запропоновано розробити та ввести в дію стандарти, щодо оцінювання ризиків електротравматизму та професійно зумовленого захворювання працівників електричних станцій та систем НВН від дії ЕП ПЧ. Оцінювання зв'язків технологічних параметрів електробезпеки з ймовірністю ризику електротравматизму R , % від дії електричної енергії пропонується проводити за отриманим виразом пробіт-функції електротравматизму [9]

$$R = 2,5 + 0,7 \ln(W_h / W_{h, \text{доп.}}). \quad (3)$$

Отриманий вираз (3) дозволяє обчислювати значення ймовірності загрози безпеки здоров'ю людини від дії електричної енергії. Запропоновані результати розрахунків ймовірності загрози здоров'ю працівника від дії електромагнітного поля ПЧ, тобто ступінь перевищення допустимого рівня електричної енергії (разів), наведені у таблиці.

Приклад оцінювання ймовірності реалізації загрози від дії електричної енергії з урахуванням гігієнічної класифікації праці та за запропонованим виразом пробіт-функції

Фактор виробничого середовища	Клас умов праці					
	Допустимий 2	Шкідливий 3				Небезпечний 4
		1 ступінь 3.1	2 ступінь 3.2	3 ступінь 3.3	4 ступінь 3.4	
Електрична енергія ПЧ (50 Гц)	Клас умов праці за методикою, що пропонується					
	≤ ГДР	1,1...3,0	3,1...5,0	5,1...10,0	10,1...40	>40
	Ймовірність реалізації загрози	0,0007...0,04	0,041...0,083	0,084...0,2	0,21...0,53	0,54...1

З табл. видно, що величина ризику, визначеного за пробіт-функцією, змінюється від 0 до 1. Зіставлення рівнів наслідків та ймовірностей з відомими з практики наслідками дозволяє запропонувати ймовірнісний опис класів (категорій) за професійно обумовленого ризику для здоров'я персоналу від дії електричної енергії: перший клас (умови праці оптимальні) — ризик відсутній; другий клас (умови праці допустимі) — допустимий ризик; третій клас (шкідливі умови праці) — ступені: 3.1 — дуже малий ризик; 3.2 — малий ризик; 3.3 — середній ризик; 3.4 — високий ризик; четвертий клас (умови праці небезпечні) — занадто високий ризик.

За значенням ризику професійного захворювання від дії електричної енергії ПЧ за таблицею можна передбачати черговість та час проведення заходів щодо його зниження. З урахуванням теоретичних досліджень запропоновано у разі занадто великих, високих та середніх значеннях ризику електротравматизму та професійно зумовленого захворювання від дії ЕП ПЧ (0,084...1) проводити моніторинг стану електробезпеки.

Висновки

В нашій країні слід активізувати роботу з узгодження вимог, законів та нормативно-правових актів у відповідності з директивами ЄС. Розроблені авторами на основі комбінованого підходу пропозиції з удосконалення нормативної бази України з електробезпеки дають змогу враховувати ризик електротравматизму персоналу електричних станцій та систем НВН від дії електричної енергії.

гії, обґрунтувати заходи щодо його мінімізації та адаптувати вимоги нормативно-правових актів з електробезпеки України у відповідності з директивами ЄС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисюк М. О. Концептуальні засади програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2006—2010 роки / М. О. Лисюк, В. М. Репін // Інформаційний бюлетень з охорони праці. — 2005. — № 1. — С. 29—40.
2. Фандеев Олександр. Охорона праці ... Під напругою / Фандеев Олександр // Охорона праці — 2012. — № 10. — С. 10 — 11.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] / Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. — 145 с. — Режим доступу : zakon.rada.gov.ua .
4. Rubanenko O. E. Determination of optimal transformation ratios of EES transformers in conditions of incomplete information regarding the values of diagnostic parameters / O. E. Rubanenko, O. I. Kazmiruk, V. M. Bandura, V. A. Matvijchuk, O. O. Rubanenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technology. — 2017. — № 4. — P. 1—8. — ISSN 1729-3774. — doi: 10.15587/1729-4061.
5. Кульматицкий О. И. Безопасность линий электропередачи / О. И. Кульматицкий, В. М. Кутин. — К. : Техника, 1991. — 112 с.
6. Измеров Н. Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль : учеб. пос. / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов. — М. : Медицина, 2003. — 560 с.
7. Исследование электрического поля линий и подстанций сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока : сб. науч. тр. / [Л. С. Перельман, Н. Н. Тиходеев, Ю. А. Морозов и др.] — Л.: Энергоатомиздат, НИИПТ, 1985. — 104 с.
8. Бондаренко Є. А. Методи аналізу та оцінювання ризику електротравматизму / Є. А. Бондаренко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2013. — № 2. — С. 52—56.
9. Evaluation of the risk of occupation a diseases caused by electromagnetic field generated by extra-high voltage electric installations // Yevgenii A. Bondarenko, Vasyl M. Kutin, Maryna V. Kutina, Assel Mussabekova, Konrad Gromaszek // SMAILOVA PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, R. 93 nr 5. — 2017. — P. 118—121.
10. Бондаренко Є. А. Методика нормування допустимого часу перебування людини в електричному полі промислової частоти / Є. А. Бондаренко // Стандартизація, сертифікація, якість. — Харків : ДП «Укр. НД НЦ» — 2012. — № 5 — С. 26—28.
11. Бондаренко Є. А. Застосування методики визначення допустимих рівнів напруг дотику та струмів для забезпечення електробезпеки / Є. А. Бондаренко // Електротехніка та електроенергетика. — 2013. — № 1. — С. 27—31.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.10.2017

Бондаренко Євгеній Аркадійович — д-р техн. наук, професор кафедри електричних станцій та систем, e-mail: evgeniy.bon@gmail.com ;

Андрієнко Тетяна Вікторівна — студентка факультету енергетики та електромеханіки;

Залізник Іван Юрійович — студент факультету енергетики та електромеханіки.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Ye. A. Bondarenko¹
T. V. Andriienko¹
I. Yu. Zalizniak¹

Improvement of Regulatory Framework of Ukraine for Electrical Safety of Personnel of Power Plants and Systems

¹Vinnitsia National Technical University

A combined approach to the assessment of the risk of electrical traumatism damage from the influence of the electromagnetic field of the industrial frequency has been proposed, and it has been possible to develop proposals for the improvement and adaptation of the regulatory and legal acts of Ukraine on electrical safety in European and international legislation. On an example of an estimation of risk of electrical traumatism taking into account the interstate standard GOST 12.1.002-84, the maximum permissible energy values and the proposed expression of the prohib

function, a rationale for measures to minimize the risk of electrical traumatism and occupational diseases of personnel of power plants and systems was carried out.

Keywords: norms, risk, electrical energy, electrical traumatism, electrical safety.

Bondarenko Yevgenii A. — Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Chair of Power Plants and Systems, e-mail: evgeniy.bon@gmail.com ;

Andriienko Tetiana V. — Student of the Department of Power Engineering and Electromechanics;

Zalizniak Ivan Yu. — Student of the Department of Power Engineering and Electromechanics

Е. А. Бондаренко¹

Т. В. Андриєнко¹

И. Ю. Зализняк¹

Совершенствование нормативной базы Украины по электробезопасности персонала электрических станций и систем

¹Винницкий национальный технический университет

Предложен комбинированный подход к оценке рисков электротравматизма от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты при адаптации нормативно-правовых актов Украины по электробезопасности к Европейскому и международному законодательству. С учетом межгосударственного ГОСТ 12.1.002-84 приведен пример оценки риска электротравматизма, значения предельно допустимой энергии и предложенного выражения пробит-функции, которое дало возможность обосновать мероприятия по минимизации риска электротравматизма и профессионально обусловленного заболевания от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты для персонала электрических станций и систем.

Ключевые слова: нормы, риск, электрическая энергия, электротравматизм, электробезопасность.

Бондаренко Евгений Аркадиевич — д-р техн. наук, профессор кафедры электрических станций и систем, e-mail: evgeniy.bon@gmail.com ;

Андриенко Татьяна Викторовна — студент факультета энергетики и электромеханики;

Зализняк Иван Юрьевич — студент факультета энергетики и электромеханики