

Методика нормування допустимого часу перебування людини в електричному полі промислової частоти



Є. Бондаренко, кандидат технічних наук, доцент,
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Методика нормирования допустимого времени нахождения человека в электрическом поле промышленной частоты
Е. Бондаренко, кандидат технических наук, доцент,
Винницкий национальный технический университет, г. Винница

Procedure for Norming the Admissible Time for a Person to be in a Power Frequency Electric Field
Ye. Bondarenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Vinnitsa national technical university, Vinnitsia

У статті запропоновано методику нормування допустимого часу перебування людини в електричному полі промислової частоти (ЕП ПЧ) з урахуванням параметрів людини та енергії, яка поглинається її тілом. Представлено залежності гранично допустимого часу від напруженості електричного поля, з урахуванням енергії, яка поглинається тілом людини. Результати дослідження дають можливість удосконалити нормативну базу і зменшити ризик дії ЕП ПЧ на людину при взаємодії з електроустановками напругою 220 кВ і вище.



ВСТУП

Електричні мережі напругою 220, 330, 500, 750 кВ — це одна з основних складників об'єднаної енергосистеми України. Вони забезпечують оптимальне навантаження електричних станцій, зменшення витрат енергії порівняно з мережами нижчої напруги. Загальна довжина мереж надвисокої напруги становить 22,7 тис. км, з них напругою 500—750 кВ — 4,9 тис. км, 330 кВ — 13,2 тис. км, 110—220 кВ — 4,6 тис. км і об'єднують 132 електропідстанції напругою 220—750 кВ.

Стан магістральних електричних мереж з року в рік погіршується, 34 % повітряних ліній електропередач (ПЛ) напругою 220—330 кВ експлуатують понад 40 років, з них 1,7 тис. км ПЛ — 330 кВ (13 % від загальної протяжності) і 1,6 тис. кілометрів ПЛ — 220 кВ (52 %) потребують реконструкції, 76 % основного устаткування трансформаторних електропідстанцій витратило свій розрахунковий технічний ресурс.

На перспективу до 2030 року в об'єднаній енергосистемі України зберігається стратегія розвитку основних електричних мереж, згідно з якою функції передавання та розподілу електроенергії для забезпечення паралельної роботи з енергосистемами інших країн залишаються за мережами 330 і 750 кВ.

За умов невиконання вимог безпеки, відмови засобів захисту на персонал, який обслуговує підстанції та лінії електропередавання, діє періодично або тривало електромагнітне поле промислової частоти. Якщо рівні ЕП ПЧ перевищують допустимі, то можуть виникнути зміни функціонального стану нервової, серцево-судинної та ендокринної систем, а також деякі зміни процесів в імунній системі.

Основні заходи захисту персоналу від дії електричного поля, яке створюється електроустановками надвисокої напруги промислової частоти, наведені у ГОСТ 12.1.002-84 [1] ►

і ДСанПіН 3.3.6.096-2002 [2], які містять вимоги щодо допустимого часу перебування людини під дією ЕП ПЧ. Відповідно до [1, 2], допустимий час $t_{\text{доп}}$ перебування людини в ЕП ПЧ за відповідної напруженості електричного поля E , кВ/м, для діапазону від 5 кВ/м до 20 кВ/м в годинах визначають залежністю:

$$t_{\text{доп}} = \frac{50}{E} - 2, \quad (1)$$

а для діапазону від 20 кВ/м до 25 кВ/м не повинен перевищувати 10 хв.

Відповідно до [3], недоліком указаних стандартів є те, що вони не враховують масу реальної людини, яка перебуває в ЕП ПЧ, та взаємозв'язок з кількістю енергії електричного поля, поглинутої його тілом.

Мета дослідження — удосконалення системи електробезпеки нормуванням допустимого часу перебування людини під впливом ЕП ПЧ, з урахуванням маси реальної людини та енергії, яка поглинається її тілом, отримати гранично допустиме значення енергії.

Результати наукового дослідження

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

$$W_h \leq W_{h,\text{доп}}, \quad (2)$$

де $W_{h,\text{доп}}$ — допустиме значення енергії, поглиненої тілом людини, яка перебуває в ЕП ПЧ.

За [4], допустиму енергію $W_{h,\text{доп}}$ (Вт·год.), поглинену тілом людини, можна отримати з виразу:

$$W_{h,\text{доп}} = P_{h,\text{доп}} \cdot t_{\text{доп}}, \quad (3)$$

де $P_{h,\text{доп}}$ — допустиме значення потужності електромагнітної енергії, поглиненої тілом людини, Вт.

Значення потужності промислової частоти $P_{h,\text{доп}}$ (Вт), поглиненої тілом людини, відповідно до [5], можна отримати з виразу:

$$P_{h,\text{доп}} = \frac{2\pi ab^2 \rho_h \omega^2 \epsilon_0^2 E^2}{3N_a^2}, \quad (4)$$

де a, b — півосі витягнутого еліпсоїда обертання, що відповідає розмірам тіла людини; ρ_h — питомий опір тіла людини, Ом·м; ω — кутова частота, с^{-1} ; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ — діелектрична постійна, Ф/м; $N_a = (b^2/a^2)[\ln(2a/b) - 1]$ — коефіцієнт деполаризації еліпсоїда обертання вздовж півосі обертання

а, еквівалентного об'єму тіла людини, за умови, що $(a/b) \geq 10$.

Числове значення для $W_{h,\text{доп}}$ можна визначити з умови, що для тіла середньої людини масою 71,9 кг і середнього зросту $a = 1,7$ м, $b = 0,14$ м, питомий опір за [6] оцінюється значенням $\rho_h = 150 \div 200$ Ом·м, і за напруженості електричного поля $E = 5 \cdot 10^3$ В/м допустимий час перебування людини в електричному полі $t_{\text{доп}}$, відповідно [1, 2], дорівнює 8 год. З урахуванням цієї умови, підставивши вираз (4) в (3) отримаємо: $W_{h,\text{доп}} = 1,223 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 3600 = 0,36$ Дж. Енергія поля розсіюється в масі тіла. Значення $W_{h,\text{доп}} = 0,36$ Дж отримано для допустимої енергії, поглиненої тілом людини масою 71,9 кг. Для конкретної людини масою m_h у вираз для допустимої енергії вводять поправковий коефіцієнт $k = m_h / 71,9$. Вираз для допустимої енергії $W_{h,\text{доп}}$ матиме вигляд:

$$W_{h,\text{доп}} = 0,36k, \text{ Дж.} \quad (5)$$

Числове значення допустимої енергії $W_{h,\text{доп}}$ для людини масою 71,9 кг, яка перебуває у зоні дії ЕП ПЧ, $W_{h,\text{доп}} = 0,36$ Дж, збігається з допустимим значенням допустимої енергії за [7], отриманим для людини, яка взаємодіє з електроустановками промислової частоти.

Якщо вважати, що об'єм тіла людини, його питомий опір, кутова частота з часом не змінюються, то вираз (4) матиме вид:

$$P_{h,\text{доп}} = nE^2, \quad (6)$$

$$\text{де } n = \frac{2\pi ab^2 \rho_h \omega^2 \epsilon_0^2}{3N_a^2} = \text{const} = 4,9 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2/\text{Ом.} \quad (7)$$

Підставивши вираз (6) та (5) в (3), отримаємо залежність допустимого часу перебування людини в ЕП ПЧ від напруженості поля для діапазону від 5 кВ/м до 20 кВ/м:

$$t_{\text{доп}} = \frac{0,36k}{3600 \cdot n \cdot E^2}. \quad (8)$$

Підставивши (7) в (8), отримаємо спрощену залежність для допустимого часу перебування людини в ЕП ПЧ від напруженості поля для діапазону від 5 кВ/м до 20 кВ/м:

$$t_{\text{доп}} = \frac{200k}{E^2}. \quad (9)$$

У таблиці наведена порівнювальна характеристика значень допустимого часу перебування людини в ЕП ПЧ, потужності та енергії електричного поля, поглинутої тілом людини, для різних значень E (параметрів тіла людини: масою 71,9 кг, $a = 1,7$ м, ▶

Гранично допустимі значення часу перебування людини в ЕП ПЧ, потужності та енергії електричного поля згідно з [1, 2] та за методикою, що пропонується

E, кВ/м	Допустимі значення часу перебування людини в ЕП ПЧ потужності та енергії електричного поля					
	за [1, 2]			за методикою, що пропонується		
	$P_{h.доп.}$, мкВт	$t_{доп.}$, год	$W_{h.доп.}$, Дж	$P_{h.доп.}$, мкВт	$t_{доп.}$, год	$W_{h.доп.}$, Дж
5	12	8	0,36	12	8	0,36
10	50	3	0,53	50	2	0,36
15	110	1,3	0,49	110	0,9	0,36
20	200	0,5	0,36	200	0,5	0,36

$b = 0,14$ м, $\rho_h = 200$ Ом·м) згідно з [1, 2] та за методикою, що пропонується.

Аналіз допустимих значень за таблицею показує, що тіло людини, яке перебуває в зоні дії ЕП ПЧ діапазону від 10 кВ/м до 15 кВ/м, за допустимого часу за [1, 2], поглине електроенергію приблизно в півтора рази більше за допустиме значення.

ВИСНОВКИ

Розроблена методика нормування допустимого часу перебування людини в ЕП ПЧ з урахуванням параметрів реальної людини та значення допустимої енергії дає можливість удосконалити нормативну базу й систему захисту з електробезпеки, що дозволить зменшити ризик дії ЕП ПЧ на людину під час взаємодії її з електроустановками напругою 220 кВ і вище.

ЛІТЕРАТУРА

- ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах: [Введен 1986-01-01]. — М.: Издательство стандартов, 1985. — 5 с.
- Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів: ДСанПіН 3.3.6.096-2002. — [Чинні від 2003-03-13]. — Професійна нормативно-правова бібліотека «НОРМАТИВ™ PRO» Бондаренко Є. Нормування електромагнітного поля промислової частоти / Євгеній Бондаренко, Максим Короленко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2010. — № 3. — С. 72—73.
- Кутин В. М. Защитные свойства экранирующих комплектов для работ под напряжением на линиях электропередачи 330—750 кВ // В. М. Кутин, Е. А. Бондаренко / Электричество. — 1993. — № 11. — С. 20—26.
- Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / Долин П. А. — М.: Энергоатомиздат. — 1984. — 484 с.
- Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. — 5-е изд., перераб. и доп. / Манойлов В. Е. — Л.: Энергоатомиздат, 1991. — 480 с.
- Бондаренко Є. А. Граничнодопустимі значення напруг дотику та струмів промислової частоти / Бондаренко Є. А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 2. — С. 31—34. ■

НОВИНИ ISO

Переглянуто стандарт ISO 11987:2012

Світовий ринок контактних лінз оцінюється у 6,1 млрд дол. США й постійно зростає. Це пов'язано з поліпшенням якості й зручності їх носіння. Важливо, щоб якість контактних лінз не погіршувалася протягом рекомендованого строку зберігання.

Переглянутий стандарт ISO 11987:2012 «Оптика офтальмологічна. Контактні лінзи. Визначення строку зберігання» дозволить виробникам установлювати рекомендації щодо умов зберігання контактних лінз протягом усього строку зберігання й розповсюдження. Стандарт дозволяє гарантувати по-

казники якості контактних лінз у процесі зберігання, а також їхню безпечність та ефективність під час використання. У ньому встановлено методи випробування лінз для визначення схоронності характеристик з моменту виготовлення й упакування до моменту першого використання.

Стандарт ISO 11987:2012 розроблений підкомітетом SC 7 «Офтальмологічна оптика й інструменти» технічного комітету ISO/TC 172 «Оптика й фотоніка».

За матеріалами www.iso.org