

МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ВІД ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ 330-750 кВ

Бондаренко Є. А.¹, Кутін В. М.¹, Остапчук О. В.²

¹Вінницький національний технічний університет,
²ДВНЗ "Національний гірничий університет" (м. Дніпропетровськ)

Запропоновано графоаналітичну модель станів системи електробезпеки ліній електропередачі 330-750 кВ, що дало змогу мінімізувати ризик професійного захворювання від дії електричного поля промислової частоти.

Постановка проблеми. Лінії електропередачі надвисокої напруги (НВН) 330, 500, 750 кВ – складові об'єднаної енергосистеми України. Вони забезпечують оптимальне навантаження електричних станцій, зменшення витрат енергії порівняно з мережами низької та високої напруги. Проте лінії НВН є одним з основних джерел електромагнітного поля промислової частоти (ЕП ПЧ), що шкідливо діє на здоров'я персоналу. При перевищенні рівнів ЕП ПЧ над допустимими можливі зміни функціонального стану нервової, ендокринної, імунної та серцево-судинної систем організму людини [1] і, як наслідки, ризик виникнення професійних захворювань для персоналу, що тривалий час виконує роботи в електроустановках НВН. Оцінювання ризику передбачає основна директива Європейського Союзу 89/391/ЄЕС та підпорядковані їй спеціальні директиви із безпеки праці на робочих місцях (89/654/ЄЕС, 89/655/ЄЕС, 90/269/ЄЕС та ін.). Наведене вище обґрунтовує актуальність наукової проблеми, яка полягає у встановленні закономірностей щодо мінімізації ризику професійного захворювання від дії електричного поля промислової частоти в електроустановках НВН для досягнення необхідного рівня електробезпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання визначення електромагнітної обстановки, що створюється повітряними лініями НВН промислової частоти, розглядаються в працях Доліна П.О., Александрова Г.Н., Тиходєєва М.М., Морозова Ю.О., Довбиша В.Н., Кутіна В.М., Silvester P., Chari M [1-3] а також інших авторів.

Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що вимога забезпечення абсолютної безпеки в електроустановках НВН виглядає недосяжною. На сьогодні немає теоретичної основи побудови системи електробезпеки (СЕБ) спрямованої на мінімізацію ризику електротравматизму в електроустановках НВН. Відомі методи оцінювання рівня електробезпеки базуються на порівнянні вимірних розрахункових значень напруженості електромагнітного поля, напруги дотику, струму, що проходить через тіло людини, та часу їх дії з нормованими параметрами або на методах аналізу статистичних даних електротравм без урахування ймовірнісної природи електротравматизму та можливості виникнення професійно обумовленого захворювання персоналу від дії електричної енергії.

Мета статті. Пропонується удосконалена графоаналітична модель станів системи електробезпеки ліній електропередачі 330-750 кВ від дії електричної енергії отримана на основі діючої гігієнічної класифікації умов праці, системного та ризик-орієнтовного підходів.

Основні матеріали дослідження. На основі аналізу відомих підходів та методів оцінювання ризику травматизму від дії небезпеки на людину запропоновано причинно-наслідкову схему професійного захворювання від дії електричного поля промислової частоти в такому вигляді: помилка людини, відмова електроустановки і несприятлива для них зовнішня дія; поява небезпечного чинника (електричної енергії або параметрів, що її характеризують) в несподіваному місці і невчасно; відсутність або несправність передбачених на ці випадки засобів захисту і неточні дії працівника в такій ситуації; поширення і дія небезпечних чинників на працівника.

При визначенні критичності наслідків від дії ЕП ПЧ для персоналу, що виконує лінії НВН, пропонується використовувати гігієнічну класифікацію праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища та напруженості трудового процесу, яка на теперішній час діє в Україні і затверджена Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04. 2014 року за № 248 [4]. Відповідно [4] умови праці розподіляються на 4 класи: Перший клас (оптимальні умови праці). Другий клас (допустимі умови праці) Третій клас (шкідливі умови праці). Четвертий клас (небезпечні умови праці).

Віднесення умов праці до того чи іншого класу шкідливості та небезпечності при дії ЕП ПЧ здійснюється відповідно [4] за табл. 1 значення гранично допустимих рівнів (ГДР) якої вибираються згідно із ДСН 3.3.6.096-2002.

З урахуванням обраної причинно-наслідкової схеми електротравматизму та гігієнічної класифікації умов праці від дії ЕП ПЧ [4] побудовано орієнтовний граф (рис. 1), що інтерпретує набір станів системи електробезпеки персоналу від дії електричного поля промислової частоти та можливих імовірнісних переходів Q_{ij} між ними.

Відповідно до рисунку, процес професійно обумовленого захворювання при виконанні технологічних

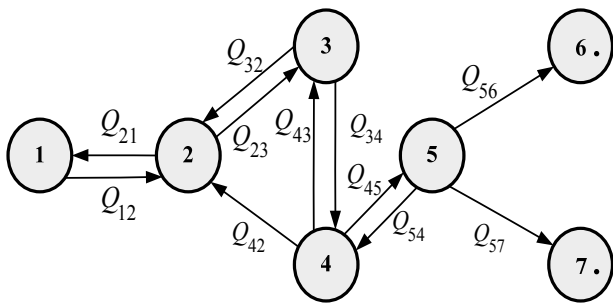


Рисунок 1 – Орієнтовний граф, що інтерпретує набір станів системи електробезпеки персоналу від дії електричного поля промислової частоти та можливі переходи між ними

робіт в електроустановках НВН характеризує сім станів системи електробезпеки, з яких перші п'ять (оптимальний, допустимий, шкідливий ступеня 3.1, шкідливий ступеня 3.2 та шкідливий ступеня 3.3) як би прохідні, а останні два (критичний та зі смертельними наслідками) – поглинаючі.

Аналіз цих переходів виявив неточності припустимих меж гігієнічних класів за гігієнічною класифікацією від напруженості ЕП ПЧ та дав можливість запропонувати нові гранично допустимі межі дії електричної енергії на персонал (табл. 1) для подальшого розвитку матричного методу "вірогідність небезпеки – збитки".

Таблиця 1. – Класи умов праці при дії електромагнітних випромінювань (перевищення ГДР, разів), за гігієнічною класифікацією та ті, що пропонуються

Фактор	Клас умов праці за гігієнічною класифікацією					
	Допустимий 2	Шкідливий 3				Небезпечний 4 (екстремальний)
		ступінь				
		3.1	3.2	3.3	3.4	
	\leq ГДР	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	> 40
ЕП ПЧ	Клас умов праці за методикою, що пропонується					
	\leq ГДР	1,1–3,0	3,1–5,0	5,1–10,0	10,1–40	> 40

Складності в визначенні умов праці від дії ЕП ПЧ для персоналу за табл. 1 ускладнено за таких обставин:

- роз'яснення щодо віднесення умов праці до того чи іншого класу шкідливості за [4] не дають однозначного розуміння оцінювання; Так для класів ступенів шкідливості 3.1, 3.2, 3.3 стоїть математичний знак \leq , який не визначає конкретні межі перевищення гранично допустимих рівнів (ГДР) ЕП ПЧ. Наприклад, перевищення ГДР ЕП ПЧ в два рази математично правильно буде віднести до ступенів шкідливості 3.1, 3.2, 3.3. Для математичного запису > 10 , ступеня шкідливості умов праці класу 3.4, також повинні бути указані межі перевищення числа 10, оскільки для небезпечних умов праці вказано числове значення перевищення ГДР більше сорока;

- електробезпека перебування персоналу в електромагнітному полі електроустановок НВН по напруженості ЕП ПЧ, за діючими нормами, неоднозначно визначають вибір захисних засобів (екранів і тому подібне) не лише в неоднорідних полях, що характерно для розподільчих устроїв НВН, при роботі на потенціалі проводу та поблизу заземлених конструкцій, але навіть і в полях, близьких до однорідних;

- гігієнічна класифікації [4] не враховує ймовірність наслідків для здоров'я персоналу, що виконує роботи в діючих електроустановках НВН, при перевищенні ГДР;

- гігієнічна класифікації [4] не дає можливість оцінити ризик професійного захворювання електротехнічного персоналу у випадку перевищенні ГДР при виконанні технологічних робіт в діючих електроустановках НВН;

- гігієнічна класифікації [4] не дає пояснення щодо визначення кількісних складових оцінювання групового ризику та їх поправки на параметри конкретної людини (масу, зріст, вік, стан здоров'я та інше) для визначення індивідуального ризику електротравматизму.

Чинні в Україні стандарти ДСанПіН 3.3.6.096-2002 та ГОСТ 12.1.002-84, які гарантують безпеку праці людини в електричному полі промислової частоти, не враховують взаємозв'язок з кількістю допустимої енергії, поглинутої тілом працівника.

В зв'язку з цим важкість наслідків електромагнітного поля промислової частоти за умовами праці пропонується визначати залежно від величини перевищення гранично допустимого рівня електричної енергії (раз), що поглинається тілом працівника, який знаходиться в електричному полі промислової частоти ліній електропередачі 330-750 кВ.

З урахуванням проведених досліджень, відповідно [5], значення допустимої електричної енергії для тіла працівника середньої маси при взаємодії з лініями електропередачі НВН не повинно перевищувати 0,36 Дж. Порівняльний аналіз гранично допустимих значень часу перебування працівника в ЕП ПЧ, потужності та енергії електричного поля згідно з ГОСТ 12.1.002-84 і ДСанПіН 3.3.6.096-2002 та тих, що пропонується за табл. 2 [5] показав перевагу запропонованого методу визначення гранично допустимого часу перебування працівника в електричному полі з урахуванням дії електричної енергії. Працівник, який пере-

буває в зоні дії ЕП ПЧ від 10 кВ/м до 15 кВ/м, при значенні допустимого часу, визначеного за ГОСТ 12.1.002-84 і ДСанПіН 3.3.6.096-2002, поглине електричної енергії приблизно в півтора рази більше за гранично допустиме значення, ніж для діапазону від 5 кВ/м до 10 кВ/м, що, відповідно, збільшує ризик професійно обумовленого захворювання від дії ЕП ПЧ.

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз гранично допустимих значень часу перебування працівника в ЕП ПЧ, потужності та енергії електричного поля згідно з ГОСТ 12.1.002-84 і ДСанПіН 3.3.6.096-2002 та тих, що пропонуються

E, кВ/м	Допустимі значення часу перебування людини в ЕП ПЧ, потужності та енергії електричного поля					
	ГОСТ 12.1.002-84 і ДСанПіН 3.3.6.096-2002			пропоновані		
	$P_{h.доп.}$, 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

Висновки. З наведеного матеріалу можна зробити висновок, що побудована графоаналітична модель на основі діючої гігієнічної класифікації умов праці, системного та ризик-орієнтовного підходів, враховує набір станів системи електробезпеки від дії ЕП ПЧ, можливі переходи між ними та її аналіз обґрунтовує пропозиції по удосконаленню гігієнічної класифікації праці за фактором ЕП ПЧ. Дотримання запропонованих пропозицій та урахування значення допустимої електричної енергії дозволяє мінімізувати ризик професійно обумовленого захворювання для електротехнічного персоналу, що перебуває в зоні дії електричного поля промислової частоти.

Список використаних джерел

1. Измеров Н. Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль : учеб. пособ. / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов. – М. : Медицина, 2003. – 560 с.
2. Довбыш В. М. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: монография / Довбыш В. М., Маслов М. Ю., Сподобаев Ю. М. – Самара: ООО "ИПК "Содружество", 2009. – 198 с.
3. Системний підхід передпроектної оцінки повітряних ліній в умовах ринкових відносин: монографія / Бондаренко В. О, Черемісін М. М., Черкашина В. В. – Харків: "Факт", 2013. – 259 с.
4. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища та напруженості трудового процесу затверджена Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04. 2014 року за № 248. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.buhuslugi.com.ua/images/buhuslugi/files_akt_zakon/gigienichna_kl_asufikacija_praci.pdf
5. Бондаренко Є. А. Методика нормування допустимого часу перебування людини в електричному полі промислової частоти / Бондаренко Є. А. // Стандартизація, сертифікація, якість – Харків : ДП "УкрНДНЦ", 2012. – № 5. – С. 26-28.

Аннотация

МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 330-750 кВ

Бондаренко Е. А., Кутин В. М., Остапчук А. В.

Предложена графоаналитическая модель состояния системы электробезопасности, которая позволила минимизировать риск профессионального заболевания от действия электрического поля промышленной частоты линий электропередачи 330-750 кВ.

Abstract

MODEL OF RESEARCH CONDITIONS OF THE ELECTROSECURITY FROM ACTION ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE INDUSTRIAL FREQUENCY OF POWER LINE 330-750 kV

E. Bondarenko, V. Kutin, A. Ostapchuk

An improved graph-analytic model of the electrosecurity which has allowed to minimize risk professional diseases from action of an electric field industrial frequency of power line 330-750 kV.