

МЕНЕДЖМЕНТ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКУ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЛЮДИНУ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ

З метою удосконалення менеджменту електробезпеки в діючих електроустановках надвисокої напруги (НВН) та підвищення ефективності впровадження міжнародних стандартів OHSAS 18001:2007 «Система менеджменту професійного здоров'я і безпеки – Вимоги», ISO 50001:2011 «Система енергетичного менеджменту – вимоги та керівництво щодо застосування» на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України для мінімізації ризику виробничого травматизму та професійного захворювання від дії електричного поля промислової частоти (ЕП ПЧ), на основі використання методу матриці оцінювання ризику, пропонується апріорна оцінка показника групового професійного ризику захворювання електротехнічного персоналу, що обслуговує діючі електроустановки НВН. Запропонована матриця оцінювання ризику містить по вертикалі шість рівнів важкості наслідків дії електричного поля промислової частоти на людину за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 та шість рівнів імовірності небезпечної події. Кожному рівню важкості наслідків уздовж вертикальної осі і кожному рівню імовірності уздовж горизонтальної осі присвоюються рангові оцінки, яким відповідають значення важкості наслідків і імовірності настання події згідно з описом певної ситуації (за сценарієм) і якісної характеристики частоти події. Запропонована матриця оцінювання ризику дозволяє передбачити черговість та час проведення заходів захисту від дії ЕП ПЧ щодо мінімізації ризику електротравматизму при виконанні технологічних робіт в діючих електроустановках НВН.

Ключові слова: енергетика, електроустановка, енергія, електричне поле, менеджмент, ризик, електробезпека.

Вступ. Електроустановки надвисокої напруги промислової частоти (ПЧ) 330, 500, 750 кВ – це одна з основних складових об'єднаної енергосистеми України, вони забезпечують оптимальне навантаження електричних станцій, зменшення витрат енергії порівняно з мережами нижчої напруги.

Слід зазначити, що потужність сучасної повітряної лінії напругою 330 кВ складає 400 МВт, 500 кВ – 1000 МВт, 750 кВ – 2000 МВт. Потужності однієї лінії електропостачання 750 кВ вистачає для покриття навантаження сучасного промислового обласного центру. Відключення такої лінії може призвести як до значних матеріальних витрат, так і соціально-побутових труднощів [1].

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

Відповідно до [2], споживання електроенергії в Україні по базовому сценарію прогнозується в 2030 р. в об'ємі 395,1 млрд. кВт-год., порівняно з 2005 р. (176,9 млрд. кВт-год.) воно збільшиться на 218,2 млрд. кВт-год. (123%). Найбільшим споживачем серед галузей економіки України залишатиметься промисловість, електроспоживання якої в 2030 р. оцінюється на рівні 169,8 млрд. кВт-год. (середньорічний приріст складатиме 2,4%). За цей період електроспоживання в сільському господарстві виросте майже в три рази (з 3,4 до 10,1 млрд. кВт-год.). Електроспоживання в будівництві за період з 2005 р. по 2030 р. виросте з 1,0 до 5,8 млрд. кВт-год., на транспорті з 9,2 до 12,9 млрд. кВт-год., в житлово-комунальному господарстві і побуті (з врахуванням електроопалювання) з 41,7 млрд. кВт-год. до 143,6 млрд. кВт-год.

Проте електроустановки НВН створили ряд додаткових проблем, серед яких однією з найважливіших є забезпечення електробезпеки при їх обслуговуванні і ремонті. Високий рівень напруженості електричного поля, необхідність виконання електромонтажних робіт на великій висоті і під напругою вимагають розробки і впровадження цілого ряду додаткових методів і засобів забезпечення безпечних умов праці: спеціальних технологій і режимів обслуговування поблизу і на струмоведучих частинах електроустановки, технологічного оснащення, ізоляційних матеріалів, екрануючих комплектів одягу, приладів контролю їх технічного стану та ін. [3].

Стан магістральних електричних мереж з року в рік погіршується, більша частина повітряних ліній електропередач НВН експлуатуються понад 40 років і потребують реконструкції, біля 76% основного устаткування трансформаторних електропідстанцій витратило свій розрахунковий технічний ресурс, що вимагає збільшення кількості проведення ремонтних робіт в електроустановках НВН і відповідно –

призводить до підвищення ризику електротравматизму. Щодо визначення допустимого ризику у світовій практиці прийнято користуватися принципом ALARA (As Low As Reasonably Achievable): «Будь який ризик повинен бути знижений настільки, наскільки це є практично розумно досяжне» [4].

З метою мінімізації ризику електротравматизму на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України проводиться робота по впровадженню міжнародних стандартів OHSAS 18001:2007 «Системи менеджменту професійного здоров'я і безпеки – Вимоги», ISO 50001:2011 «Система енергетичного менеджменту – вимоги та керівництво щодо застосування». Проте більшість механізмів цієї страхової системи від професійних ризиків (інформаційні, діагностичні, фінансові та правові) ще тільки створюються. Для організацій, що впроваджують і підтримують дані стандарти, на перший план виступають питання ідентифікації небезпек різних видів діяльності, оцінювання професійних ризиків здоров'ю людини і забезпечення безпеки виробничої діяльності [5]. Тому розробка методологічної концепції професійного ризику від впливу електричного поля ПЧ на персонал, що обслуговує діючі електротехнічні установки НВН, є актуальним, а її реалізація є якісно новим етапом вдосконалення системи електробезпеки в Україні.

Мета дослідження. Удосконалити менеджмент електробезпеки в діючих електроустановках надвисокої напруги для мінімізації ризику виробничого травматизму та професійного захворювання від впливу ЕП ПЧ шляхом врахування матриці оцінювання професійного ризику.

Результати дослідження. Міжнародний стандарт OHSAS 18001:2007, ISO 50001:2011, як і система управління якістю ISO 9000, побудований на основі циклу Демінга, який фактично дублює коло менеджменту та складається з чотирьох етапів: планування, реалізація, контроль та оцінювання ризику з метою керування. Аналіз літературних джерел показав, що на сьогоднішній день немає єдиної методології, яка би визначала принципи управління енергобезпекою та порядок проведення оцінювання ризику в електроустановках надвисокої напруги. Відсутній системний підхід до аналізу ризику, який би найбільш повно відображав реальні механізми виникнення й розвитку електротравм при взаємодії людини з електроустановками. Публікації із оцінювання та аналізу ризику електротравматизму та професійного захворювання [6-8], що з'являються, відрізняються суперечністю факторів дії електрики, точністю методів оцінювання ризику, спірністю трактувань, визначень, не містять системних рекомендацій щодо рішення проблеми електробезпеки, що є неминучим при виникненні і розвитку нових теорій.

Автор вважає абсолютно неприйнятним досягнення мети зниження електротравматизму шляхом так званого «управління ризиком», як зазначено в роботах [6-10]. Перш за все, із-за некоректності даної словосполучки. Це стає абсолютно очевидним, якщо виходити з термінології міжнародних і вітчизняних стандартів по оцінюванню ризиків і теорії управління. Управління – це процес, що включає розробку альтернативних дій, що управляють, ухвалення рішення про вибір з них найбільш ефективних (по вибраному критерію) і їх здійснення з метою досягнення бажаного результату функціонування керованого об'єкту. При цьому під об'єктом мається на увазі лише те явище зовнішнього і внутрішнього світу, яке спостерігає (або може спостерігати) людина в даний момент. Ризик це з'єднання вірогідності виникнення небезпечної події або впливу (ів) на серйозність травми, або погіршення здоров'я, які можуть бути викликані такою подією або впливом (ами). Аналізуючи приведені ознаки, неважко побачити, що ризик не може ні самостійно функціонувати, ні володіти будь-яким результатом і метою функціонування, тому управляти ризиком не можливо, а ось керувати процесом забезпечення електробезпеки можливо [11].

На основі використання методу матриці оцінки ризику (МОР) автором статті пропонується апіорна оцінка показника групового професійного ризику захворювання та погіршення стану здоров'я через вплив електричного поля ПЧ. Запропонована МОР (таблиця 1) [12] містить по вертикалі шість рівнів важкості наслідків дії ЕП ПЧ за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 та шість рівнів імовірності небезпечної події – по горизонталі: матриця (6×6).

Таблиця 1.

Матриця оцінювання ризиків на робочих місцях при визначенні професійного ризику електротравматизму

0,7 – 1 (6)	C6	C12	B18	B24	B30	B36
0,3 – 0,7 (5)	H5	C10	C15	B20	B25	B30
0,05 – 0,3 (4)	H4	C8	C12	C16	B20	B24
10^{-3} – 0,05 (3)	H3	H6	C9	C12	C15	B18
10^{-6} – 10^{-3} (2)	H2	H4	H6	C8	C10	C12
0 – 10^{-6} (1)	H1	H2	H3	H4	H5	C6
Частота в рік ↑	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	⇒ Наслідки					

Числовий приклад опису ймовірності небажаного наслідку (шість рівнів ймовірності небезпечної події по горизонталі) за [13], який використовується в практиці, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Числовий приклад ймовірності небажаного наслідку, який використовується в практиці

Ймовірність події	Ймовірнісний опис	Можливість наслідку
0,7 – 1	Велика можливість події	висока
0,3 – 0,7	Подія буде відбуватися рівномірно	середня
0,05 – 0,3	Подія буде відбуватися нерівномірно	низька
0,001 – 0,05	Подія буде траплятися рідко	дуже низька
10^{-6} – 0,001	Подія буде відбуватися дуже рідко	надто низька
0 – 10^{-6}	Подія практично не відбудеться	практично неможлива

Відповідно до Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27 грудня 2001 року № 528, умови праці розподіляються на 4 класи [14]:

перший – оптимальні умови праці – такі умови, при яких зберігається не лише здоров'я працюючих, а й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності. Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих факторів встановлені для мікроклімату і факторів трудового процесу. Для інших факторів за оптимальні умовно приймаються такі умови праці, за яких несприятливі фактори виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих як безпечні для населення;

другий – допустимі умови праці – характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу на стан здоров'я працюючих та їх потомство в найближчому і віддаленому періодах;

третій – шкідливі умови праці – характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи і здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого та/або його потомство.

Шкідливі умови праці за ступенем перевищення гігієнічних нормативів та можливих змін в організмі працюючих поділяються на 4 ступені:

1 ступінь (3.1) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які, як правило, викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту зі шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я;

2 ступінь (3.2) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення, призводять у більшості випадків до зростання виробничо-обумовленої захворюваності, появи окремих ознак або легких форм професійної патології (як правило, без втрати професійної працездатності), що виникають після тривалої експозиції (10 років та більше);

3 ступінь (3.3) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які призводять, окрім зростання виробничо-обумовленої захворюваності, до розвитку професійних захворювань, як правило, легкого та середнього ступенів важкості (зі втратою професійної працездатності в період трудової діяльності);

4 ступінь (3.4) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні призводити до значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, а також до розвитку важких форм професійних захворювань (з втратою загальної працездатності);

четвертий – небезпечні (екстремальні) – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких протягом робочої зміни (або ж її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень.

Віднесення умов праці до того чи іншого класу шкідливості та небезпечності при дії електричного поля промислової частоти здійснюється відповідно до таблиці 3, значення гранично допустимих рівнів (ГДР) якої вибираються згідно із "Санитарними нормами і правилами виконання работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)" – ДНАОП 0.03-3.21-91.

Визначення ризику умов праці для персоналу, що обслуговує електроустановки надвисокої напруги, за гігієнічними нормами ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 фактично неможливе за таких обставин:

- на теперішній час ГДР дії ЕП ПЧ в Україні визначаються за ДСанПіН 3.3.6.096-2002, а дія "Санитарных норм и правил выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)" – ДНАОП 0.03-3.21-91 скасована;

- роз'яснення щодо віднесення умов праці до того чи іншого класу шкідливості за таблицею 1 не дають однозначного розуміння. Так для класів ступенів шкідливості 3.1, 3.2, 3.3 стоїть математичний знак \leq , який не визначає конкретні межі перевищення 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 [12];

- гігієнічна класифікації ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 не враховує ймовірність перевищення ГДР електричного ПЧ при виконанні технологічних робіт в діючих електроустановках НВН;

- гігієнічна класифікації ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 не дає пояснення щодо визначення кількісних складових групового ризику (взаємозв'язок імовірності реалізації дії ЕП ПЧ на людину та наслідків цієї дії на здоров'я людини) для кількісного оцінювання групового ризику та з поправкою на параметри конкретної людини (масу, зріст, вік, стан здоров'я та інше) для визначення індивідуального ризику електротравматизму [12,15];

- чинний в Україні стандарт ДСанПіН 3.3.6.096-2002 і ГОСТ 12.1.002-84 які гарантують безпеку праці людини в електричному полі промислової частоти, не враховує взаємозв'язок з кількістю енергії, поглинутої тілом конкретної людини [15, 16, 17].

Тому, відповідно до [15], важкість наслідків дії електричного поля промислової частоти за умовами праці пропонується визначати залежно від величини перевищення гранично допустимого рівня електричної енергії (раз), що поглинена тілом людини, яка знаходиться в ЕП ПЧ, за таблицею 3. Значення для енергії, що поглинута тілом людини середньостатистичних параметрів, яка взаємодіє з електроустановками надвисокої напруги промислової частоти, за [15], не повинно перевищувати 0,36 Дж.

Енергія поля розсіюється в масі тіла. За реальних умов маса конкретної людини та зріст відрізняються від середнього значення, тому при визначенні індивідуального ризику у вираз для допустимої енергії вводиться поправковий коефіцієнт k , який визначається, відповідно до [12], як

$$k = \frac{m_h \cdot 1.7^2}{a_h^2 \cdot 71.9},$$

де m_h, a_h – відповідно маса та зріст реальної людини, яка знаходиться в ЕП ПЧ

Таблиця 3.

Класи умов праці при дії електромагнітних випромінювань (перевищення ГДР, разів) згідно з [14] та за методикою, що пропонується

Фактор виробничого середовища	Клас умов праці за [14]					
	Допустимий 2	Шкідливий 3				Небезпечний (екстремальний) 4
		1 ступінь 3.1	2 ступінь 3.2	3 ступінь 3.3	4 ступінь 3.4	
Електричні поля ПЧ (50 Гц)	\leq ГДР (для всього робочого дня)	≤ 3	≤ 5	≤ 10	>10	>40
	Клас умов праці за методикою, що пропонується (перевищення ГДР електричної енергії, раз)					
	\leq ГДР (для всього робочого дня)	1,1-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	10,1-40	>40

Кожному рівню важкості наслідків уздовж вертикальної осі і кожному рівню ймовірності уздовж горизонтальної осі (табл.1) присвоюють рангові оцінки 1, 2, 3, 4, 5, 6, яким відповідають значення важкості наслідків та ймовірності настання події згідно з описом певної ситуації (за сценарієм) і якісної характеристики частоти події (ранжирування сценаріїв).

Після визначення рівня передбачуваного наслідку за таблицею 3 і рівня вірогідності за таблицею 2 (передбачуваної частоти) величина ризику відповідно до МОР (табл.1) визначається шляхом перемноження номера рядка і номера стовпця відповідно до визначення ризику.

Ризик тим більший, чим більший можливий розмір збитку і (або) чим вища вірогідність настання збитку (чим більший добуток у клітинці, що знаходиться на перетині рядка і стовпця).

Величина ризику, яка визначається за МОР, змінюється від 1 до 36. На основі зіставлення всіх рівнів наслідків та ймовірностей з відомими з практики наслідками за МОР, ризики в залежності від величини піділяються на низькі (1–5), середні (6–16) та високі (17–36). Таким чином, результат оцінки ризику професійного захворювання від дії ЕП ПЧ за таблицею 1 полягає в визначенні величини та міри ризику:

- низький (Н): Н1; Н2; Н3; Н4; Н5;
- середній (С): С6; С8; С9; С10; С12; С15; С16;
- високий (В): В18; В20; В25; В30; В36.

В залежності від ступеня ризику для МОР повинні передбачатися черговість та час проведення заходів та дії щодо зниженню ризику. Так, при великих значеннях ризику від 18-36, необхідне негайне втручання, зменшення ризику обов'язкове, при середньому ризику від 6-16 вимагається зниження ризику до мінімально можливого в установленій термін, і при низьких значеннях від 3-5 спеціальні заходи щодо зниження ризику не потрібні, але його все ж потрібно контролювати, певна група робітників (неповнолітні, інваліди та ін.) потребує додаткового захисту. Низький рівень ризику 1-2 спеціальних заходів не потребує.

Для захисту людини від дії електромагнітних опромінювань застосовують різні заходи і засоби захисту: час, відстань, екранування, зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання, екранування робочих місць, засоби індивідуального захисту.

Система менеджменту електробезпеки на підприємстві енергетичної галузі повинна являти собою сукупність взаємодії об'єкта, яким управляють (система захисту від дії електричної енергії), та органа управління (керуючий склад організації, який приймає управлінські рішення на підставі комплексу нормативної документації з електробезпеки та зовнішньої інформації) для досягнення певної мети. Тому для успішного функціонування системи управління на першому етапі треба визначити мету системи управління, наприклад: мінімізувати ризик професійної захворюваності від дії ЕП ПЧ, або забезпечити дотримання вимог законодавчих правил та норм з електробезпеки.

Зазвичай розрізняють три рівні управління між об'єктом, яким управляють, та органом, що управляє: вищий, середній і нижчий. На вищому рівні управління реалізується стратегічне управління: визначаються стратегія (концепція) управління, її цілі, принципи організації, довгострокові плани, стратегія їх реалізації. Середній рівень управління – рівень тактичного управління. Тут складаються тактичні плани, здійснюється контроль за їх виконанням. На нижчому рівні управління здійснюється оперативне управління, реалізуються об'ємно-календарні плани, здійснюється їх оперативний контроль і облік. Для менеджменту електробезпеки на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України таким циклом управління, що містить перелік послідовно логічно зв'язаних функцій управління, є: ідентифікація та оцінка ризику, планування та виконання планових заходів з електробезпеки, оцінка та аналіз ризику після вжитих заходів та засобів, ухвалення рішення і вдосконалення системи управління електробезпекою. Даний цикл повинен здійснюватися на всіх ієрархічних рівнях системи управління підприємств енергетичної галузі [11].

Висновки

Існуючі технології робіт в діючих електроустановках НВН не забезпечують абсолютної безпеки електротехнічного персоналу від дії електричного поля промислової частоти.

Запропонована матриця оцінювання ризику дозволяє визначити рівень групового та індивідуального ризику професійного захворювання від дії ЕП ПЧ при виконанні технологічних робіт під напругою в електроустановках 330, 500, 750 кВ, що, в свою чергу, дозволить передбачити черговість та час проведення заходів від дії електромагнітного випромінювання щодо мінімізації ризику електротравматизму.

Використання запропонованого методу оцінювання ризику електротравматизму дозволить врахувати специфіку підприємств енергетичної галузі в області професійного здоров'я і безпеки, удосконалити систему менеджменту електробезпеки, та підвищити ефективність впровадження стандартів OHSAS 18001:2007 «Система менеджменту професійного здоров'я і безпеки – Вимоги», ISO 50001:2011 «Система енергетичного менеджменту – вимоги та керівництво щодо застосування» на підприємствах паливо-енергетичного комплексу України.

Список літератури

1. Удод Е. И. Ремонт электроустановок под напряжением / Удод Е. И. – К. : Техніка, 1986. – 162 с.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. N 145-р. [Електронний ресурс]. Код доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.html
3. Кульматицкий О. И. Безопасность линий электропередачи / О. И. Кульматицкий, В. М. Кутин. – К. : Техніка. 1991. –112 с.

4. 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.
5. Фандєєв Олександр. Охорона праці ... Під напругою / Фандєєв Олександр // Охорона праці – 2012. – № 10. – С. 10 – 11.
6. Рижков В. Г. Застосування ризик-орієнтовного підходу для аналізу електротравматизму на металургійних підприємствах. / В. Г. Рижков, О. В. Новошорова // Металургія: зб. наук. праць ЗДІА: Вип. 23 – Запоріжжя. 2011. – С. 180-186.
7. Щуцкий В. И. Вероятностно-статистическая модель для расчета параметров и показателей электробезопасности при воздействии тока частотой 50 Гц / В. И. Щуцкий, В. В. Корнилюк / Энергетика (Изв. высш. учебн. заведений). – 1990. – № 4. – С. 26-32.
8. Никольский О. К. Новый взгляд на техногенную безопасность в контексте теории оптимизации и риска / Никольский О. К., Ерёмин Т. В., Семичевский П. И. // Вестник Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова. – 2009. – № 4. С. 20-25.
9. Глущенко В. В. Управление рисками. Страхование. / Глущенко В. В. – г. Железнодорожный Моск. обл.: Крылья, 1999. – 336 с.
10. Цай Т. Н., Грабовый П. Г. Конкуренция и управление рисками на предприятиях в условиях рынка / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовый – М.: Аланс, 1997. – 288 с.
11. Кутін В. М. Принцип управління енергобезпекою при організації робіт в електроустановках надвисокої напруги / В. М. Кутін, Є. А. Бондаренко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка та енергетика» – 2013. – № 1(14) . – С. 138-143.
12. Бондаренко Є. А. Оцінювання професійного ризику погіршення стану здоров'я персоналу, що обслуговує електроустановки надвисокої напруги / Бондаренко Є. А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2013. – № 1. – С. 61-67.
13. Кальки Валдис. Основные направления оценки рисков рабочей среды / Валдис Кальки, Иммант Кристиньш, Жения Роя. – Рига : SIA «Jelgavas tipografija», 2005. – 73 с.
14. Охорона праці в Україні : Нормативна база. (4-е вид., змін. і допов.) / упорядник Роїна О. М. – К. : КНТ, 2008. – 544 с.
15. Бондаренко Є. А. Методика нормування допустимого часу перебування людини в електричному полі промислової частоти / Бондаренко Є. А. // Стандартизація, сертифікація, якість. – Харків : ДП «Укр. НД НЦ» – 2012. – № 5 – С. 26-28.
16. Бондаренко Є. А. Проблеми нормативно-правового забезпечення України з електробезпеки / Бондаренко Є. А. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка та енергетика» – 2013. – № 2(15) . – С. 27-33.
17. Bondarenko E. A. New view on electrical safety in the context of the theory of the system analysis / E. A. Bondarenko, K. V. Bezpalyy // Science and Education: materials of the 2nd international research and practice conference, Vol. I, Munich, December 18th-19th, 2012 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg. – Munich – Germany, p.105-112.

E. Bondarenko

**State Institution of Higher Education «Vinnitsa National Technical University»
MANAGEMENT OF ELECTROSECURITY SYSTEMES FOR MINIMIZATION OF RISK FROM
INFLUENCE OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE PERSON IN
ELECTROINSTALLATIONS OF ULTRAHIGH VOLTAGE**

For the purpose of management improvements of an electro security in operating electro installations which have high and ultra-high electric voltage (HUV) and increases of efficiency introduction of international standards OHSAS 18001:2007 and ISO 50001:2011 at the enterprises of a fuel and energy complex in Ukraine the aprioristic estimation of group and of individual risk disease of the electro technical personnel, from influence of electric field of industrial frequency is offered. The offered matrix of risk contains on a vertical six levels of weight of consequences from action of electric field industrial frequency on the person in accordance ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 and six levels of probability of dangerous event. To each level of weight of consequences along a vertical axis and to each level of probability along a horizontal axis are appropriated rang estimations to which values of weight of consequences and probability of approach of event according to the description of a certain situation (on the scenario) and the qualitative characteristic of frequency of event answer. The proposed matrix of an estimation of risk allows providing sequence and time of carrying out of actions of protection against action of electromagnetic fields for minimization of risk of an electro traumatism at performance of technological works in operating electro installations HUV.

Keywords: energetics, electro installation, energy, electric field, management, risk, an electro security.

1. Udod, E.I. Repair of electro installations which have electric voltage. Kyiv: Texnika, 1986. 162 p.

2. Energetychna strategiya Ukraini do 2030 roku, available at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.html (accessed April 3, 2014).
3. Kulmatichiy O.I., Kutin V.M. Safety of transmission lines. Kyiv: Tekhnika, 1991. 112 p.
4. Tkachuk, K.N. Khalimovski, M.O. and Zatsarny, V.V. Bases of labor protection. Kyiv: Osona, 2006. 448 p.
5. Fandeev, A. "Labour safety... Under a voltage", *Ohorona pratsi*, 2012; vol. 10, pp. 10-11.
6. Rizhkov, V.G. and Novoshchonova, O.V. (2011), "Application hazard for the analysis electro traumas at the metallurgical enterprises", *Metallurgy: Naukovi pratsi ZDIA, Zaporozhye*, vol. 23, pp. 180-186.
7. Shutsky, V.I. and Korniljuk, V.V. (1990), "Verojatnosno-statistical model for calculation of parameters and electro security indicators at action of a current by frequency of 50 Hz", *Energetika*, vol. 4, pp. 26-32.
8. Nikolsky, O. K, Eryomina, T. V and Semichevsky P.I. "New view on technogenic safety in a context of the theory of optimization and risk", *Visnyk Altayskoho technichnoho universiteta*, 2009; vol. 4, pp. 20-25.
9. Glyshenko V.V. Management of risks. Zheleznodorozhnyi: Krylya, 1999, 336 p.
10. Czaj T.N., Grabovij. Competition and management risks on enterprises in the conditions of market. Moskva: Alans, 1997. 288 p.
11. Kutin V.M., Bondarenko, E.A. "Principle management of power safety at the organization works in electro installations over a high voltage". *Zbirnyk naukovykh prats DonNTU*. Issue "Electrotechnic and energetic", 2013; vol. 1(14), pp. 138-143.
12. Bondarenko, E.A. "Estimation of professional risk to health of the personnel which serves electro installations of ultrahigh voltage". *Visnyk Vinnitskoho politechnichnoho institutu*, 2013; vol. 1, pp. 61-67.
13. Kalki Valdis, Imant Kristinsh, Zheniva Roya. Osnovnye napravleniya ocenki riskov rabochej sredy. Riga: SIA «Jelgavas tipografija», 2005. 73 p.
14. Roina O.M. labor protection in Ukraine. Kyiv: KNT, 2008. 544 p.
15. Bondarenko, E.A. "Methodology of quota setting of person stating in electric field of industrial frequency". *Standartizatsia, sertiphikatsia, iakist*, Kharkiv, 2012; vol. 5, pp. 26-28
16. Bondarenko, E.A. "Problems are standard-legal enforcement Ukraine on an electric safety". *Zbirnyk naukovykh prats DonNTU*. Issue "Electrotechnic and energetic", 2013; vol. 2(15), pp. 27-33.
17. Bondarenko E. A. and Bezpaly K. V. "New view on electrical safety in the context of the theory of the system analysis", *Science and Education: materials of the 2nd international research and practice conference*, Vol. 1. Munich, December 18th-19th, 2012, publishing office Vela Verlag Waldkraiburg. – Munich – Germany, pp. 105-112.

УДК 621.3:614.8

Е. А. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент

Винницкий национальный технический университет

МЕНЕДЖМЕНТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЧЕЛОВЕКА В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

С целью усовершенствования менеджмента электробезопасности в действующих электроустановках сверхвысокого напряжения (СВН) и повышения эффективности внедрения международных стандартов OHSAS 18001:2007 и ISO 50001:2011 на предприятиях топливно-энергетического комплекса Украины предлагается априорная оценка показателя группового и индивидуального риска профессионального заболевания электротехнического персонала, от воздействия электрического поля промышленной частоты. Предложенная матрица оценки риска содержит по вертикали шесть уровней тяжести последствий от действия электрического поля промышленной частоты на человека за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 и шесть уровней вероятности опасного события. Каждому уровню тяжести последствий вдоль вертикальной оси и каждому уровню вероятности вдоль горизонтальной оси присваиваются ранговые оценки, которым отвечают значения тяжести последствий и вероятности наступления события согласно описанию определенной ситуации (по сценарий) и качественной характеристики частоты события. Предложенная матрица оценки риска позволяет предусмотреть очередность и время проведения мероприятий защиты от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты для минимизации риска электротравматизма при выполнении технологических работ в действующих электроустановках СВН.

Ключевые слова: энергетика, электроустановка, энергия, электрическое поле, менеджмент, риск, электробезопасность.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Целью является отражение проблематики сетей низкого напряжения (НН) в связи с внедрением в них децентрализованных источников энергии (ДИЭ), что создает необходимость повышения качества защиты, автоматики и контроля в этих сетях. Для этого была создана имитационная модель сети НН с ДИЭ (фотоэлектрическая система) в программном пакете Matlab. Разработан ряд моделей имитирующих работу защит и автоматики. На базе созданных моделей исследованы различные стационарные и переходные режимы работы сети, которые позволили проверить адекватность работы блоков защит, автоматики и сети в целом.

Ключевые слова: моделирование, сеть низкого напряжения, децентрализованные источники энергии, возобновляемые источники энергии, устройства защиты, Smartgrid, Microgrid, Matlab.

Введение. В настоящее время увеличивается удельный вес ДИЭ в распределительных сетях (Microgrid - микро сеть), что в значительной степени влияет на характеристики и режимы работы сети. В работе рассмотрена сеть НН, которая состоит из мелких (до 100 кВт) децентрализованных источников, использующих возобновляемую энергию. Реализация будущих сетей НН требует решения существующих технических вопросов, таких как: баланс мощности, качество энергии и надежность защиты. Одним из наиболее ключевых вопросов остается обеспечение защиты сети НН на должном уровне.

Цель работы. Создание виртуальной модели защиты для распределительных сетей НН с ДИЭ.

Материал и результаты исследования. Существуют различные варианты трактовки таких понятий как Smartgrid или Microgrid. Как правило, термин Microgrid используется по отношению к распределительной сети НН с возможностью автономной работы, а понятие Smartgrid применяется к совокупности множества сетей НН, связанных информационно и через сеть СН [1-3]. Пример сети, которая исследовалась, приведен на рис. 1.

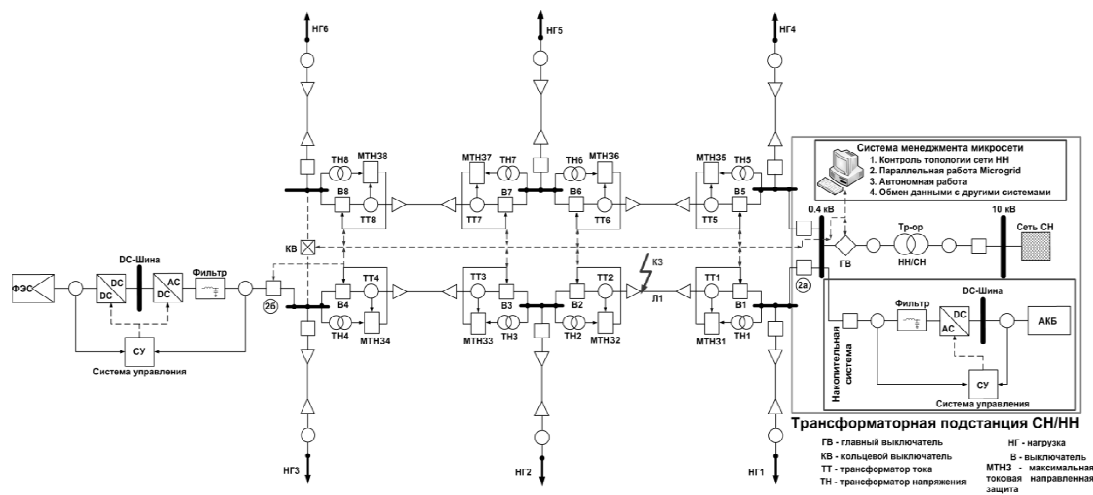


Рис. 1 Схематическая структура типичной сети Microgrid

Сеть состоит из шин постоянного и переменного тока, нагрузок, фотоэлектрической установки [4-5] и инвертора напряжения. Инвертор в такой сети играет большую роль в управлении и контроле параметров режимов работы данной сети. Структура этой сети со всеми основными компонентами и системой управления реализована в Matlab. Для схемы рис.1, были исследованы различные сценарии повреждений [6].

Существует два типа повреждений Microgrid: внутренние и внешние (в сети СН). В первом случае система защит должна изолировать место повреждения, отключив наименьший участок Microgrid. Во втором случае защита должна отключить Microgrid от сети СН, сделав это так быстро, насколько это необходимо для того чтобы защитить потребителя. В процессе работы такой защиты возникает момент