

пропорційно кількості елементів і обмежується тільки можливостями комп'ютеру. Розмір елементів визначає точність вирішення поставленої задачі.

Перший етап дослідницької задачі є геометрична побудова моделі досліджуваного об'єкту. На другому етапі потрібно задати для частин (блоків) об'єкта властивості матеріалів (у тому числі кривих намагнічування) і ввести граничні умови (Діріхле, Неймана, змішаних, для границь із скін-ефектом, періодичності і аперіодичності тощо). Після цього починається автоматична робота вирішувача, що обчислює параметри моделі і будує сітку кінцевих елементів. Після закінчення розрахунків запускається постпроцесор, при цьому створюються картини полів: для стаціонарного магнітного поля – лінії магнітного потоку. Параметри полів можна проглянути у будь-якій точці області, а в певних зонах оцінити ряд інтегральних величин: магнітного потоку, індуктивності, напруженості.

Принцип чисельного розрахунку математичної моделі магнітного поля та визначення розподілення індукції магнітного поля у цій роботі виконано на прикладі за наступним питанням: **«Чи може бути досягнуто порогове значення магнітної індукції 100 мТл на Індикаторі, що спричинить зміну його первинного стану, якщо Індикатор буде частково захищено (екрановано) сталевим екраном, а постійне магнітне поле буде утворюватись від наближення до Індикатору постійного магніту?»**. У прикладі розраховані значення індукції магнітного поля на його поверхні та побудовано графік значення індукції магнітного поля залежно від відстані в напрямку від Індикатора до сталевих екрану по двох координатних осях. Моделювання та розрахунок у прикладі виконані для перерізу, що відповідає площині симетрії Індикатора, екрану та постійного магніту. Поставлена задача магнітостатичного поля вирішується при застосуванні граничних умов Діріхле. Це означає, що $B_n = 0$, тобто нормальна складова індукції дорівнює нулю. При завданні властивостей середовищ, що присутні у вирішуваній задачі (повітря, сталь, постійний магніт) застосовуються довідкові дані за виразами (5). Нелінійні залежності $B=f(H)$, так звані крива намагнічування для сталевих екрану та крива розмагнічування для постійного магніту завдані у формі таблиці. Отримані результати чисельно-польового аналізу наведені на ілюстративному матеріалі.

Таким чином,

1. Систематизовані наукові засади для проведення судових електротехнічних досліджень з метою визначення силових характеристик магнітостатичного поля при виконанні судових експертиз приладів обліку, що зазнали втручання від впливу постійного або повільно змінного магнітного поля.

2. Викладено принцип чисельного розрахунку індукції магнітного поля шляхом математичного моделювання магнітного поля програмними засобами з використанням методу кінцевих елементів при вирішенні діагностичних завдань судової експертизи розрахункових приладів обліку, що зазнали втручання від впливу постійного або повільно змінного магнітного поля.

Список використаних джерел:

1. Максвелл Дж. К. Трактат об электричестве и магнетизме. У двух томах. Перевод Б. М. Болотовского, И. Л. Буриштейна, М. А. Миллера, Е. В. Суворова. М. : Наука, 1989. Т. 1. 417 с.

2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / под ред. Г. Гроше и В. Циглера. Пер. с нем. Совместное издание Лейпциг издательство «Тойбнер», М. : Наука главная редакция физико-математической литературы, 1981. 720 с.

3. Сильвестер П., Феррари Р. Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров-электриков / пер. с англ. М. : Мир, 1986. 229 с.

УДК 343.983

*Бублик О. В., науковий співробітник Харківського НДІСЕ,
e-mail: hniise_bublyk@ukr.net*

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Згідно з інформацією в джерелах [1] та [2] електротравматизм за своїми наслідками в порівнянні з іншими видами травматизму найбільш небезпечний і частіше за інші травми призводить до тяжких та смертельних випадків.

За статистичними даними фахівців Харківського НДІСЕ, електротравми складають менше 10 % від загальної кількості нещасних випадків, проте вони є причинами більше 50 % випадків загибелі і тяжких каліцтв людей.

Електричний струм вражає раптово, коли людина опиняється «включеною» в ланцюг проходження струму. При цьому струм ушкоджує тканини на всьому шляху його проходження через тіло людини.

В порівнянні з іншими видами травматизму, електротравматизму характерні такі особливості:

- людина не в змозі дистанційно, без спеціальних приладів, визначати наявність напруги, а тому дія струму, зазвичай, є раптовою, і захисна реакція організму проявляється тільки після потрапляння під напругу;

- струм, що протікає через тіло людини, діє на тканини і органи не тільки в місцях контакту зі струмовідними частинами і на шляху протікання, але й рефлексивно, як надзвичайно сильний подразник, впливає на весь організм, що може призводити до порушення функціонування життєво важливих систем організму – нервової, серцево-судинної систем, дихання тощо;

- електротравми можливі без дотику людини до струмовідних частин – внаслідок утворення електричної дуги при пробі повітряного проміжку між струмовідними частинами, або між струмовідними частинами і людиною, чи землею.

Як правило, найбільший відсоток нещасних випадків, пов'язаних із електротравматизмом, відбувається при виконанні електротехнічним персоналом робіт в електроустановках.

Згідно з НПАОП 40.1–1.01–97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [3] електроустановками називається сукупність машин, апаратів, ліній та допоміжного обладнання (разом з спорудами та приміщеннями, у яких вони встановлені), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії і перетворення її в інший вид енергії.

Роботи в діючих електроустановках належать до робіт підвищеної небезпеки та вимагають застосування підвищених вимог до співробітників, які допускаються до виконання таких робіт. З такими працівниками необхідним є проведення попереднього навчання та перевірка знань вимог безпеки в спеціалізованих навчальних закладах, що мають ліцензію на проведення такого навчання, складання наряду-допуску та проведення інструктажів з питань охорони праці згідно з розробленими інструкціями підприємства та визначений нормативно-технічними вимогами порядок організації цих робіт, підготовки робочих місць та допуск працівників до роботи з постійним наглядом за їх виконанням з боку відповідальних осіб.

Аналіз експертної практики дає можливість виділити серед причин настання нещасних випадків, пов'язаних з експлуатацією електроустановок, об'єктивні (технічні) та суб'єктивні (організаційні) фактори. До об'єктивних факторів належать створення безпечних виробничих процесів та упередження небезпечних аварійних ситуацій шляхом використання ергономічних та комфортних виробничих приміщень, раціональним розміщенням виробничого обладнання, застосуванням відповідних засобів захисту. Суб'єктивними (організаційними) факторами є професійний відбір, навчання працюючих та перевірка їх знань і навиків безпечної праці, включення вимог безпеки в нормативно-технічну, проектно-конструкторську, технологічну документацію і дотримання цих вимог та забезпечення функціонування системи управління охороною праці шляхом створення відповідних служб і призначення посадових осіб для вирішення конкретних питань охорони праці. Створення роботодавцем на підприємстві дієвого контролю за функціонуванням системи управління охороною праці дозволяє запобігти настанню нещасних випадків.

Слід зазначити, що на нашу думку небажані шкідливі наслідки мають причинно-наслідковий зв'язок з діями конкретних осіб лише у тому випадку, коли фактичні їх дії є невідповідними (суперечать вимогам нормативно-правових актів, нормативних актів підприємства або інших нормативних вимог), та ці дії призводять до виникнення таких обставин, за яких настання небажаних шкідливих наслідків могло відбутися з великим ступенем вірогідності і така небезпечна подія настала. Для наочності вищевикладеного приведемо декілька прикладів із експертної практики.

Так, на одному з машинобудівних заводів Сумської області директором підприємства для виконання профілактичних робіт на трансформаторній підстанції особисто була залучена

стороння особа, яка виконувала роботи підвищеної небезпеки з недотриманням вимог Правил [3] без проведення будь-яких організаційних заходів та підготовки робочого місця. Внаслідок таких дій ця особа отримала електротравму, несумісну з життям.

Поширеними є нещасні випадки, пов'язані з виконанням робіт на діючих електроустановках та кабельних лініях без складання наряду-допуску та проведення на місці виконання робіт цільового інструктажу. Характерним прикладом можна привести нещасний випадок, що стався з електромонтером з експлуатації розподільчих мереж при виконанні ремонтних робіт лінії електропередач на підстанції ПрАТ «Львівобленерго». У супереч вимогам Правил [3] відповідними посадовими особами РЕМ та майстром виробничої дільниці не було проведено підготовку робочого місця, проігноровано проведення інструктажів та процедуру допуску до робіт підвищеної небезпеки та цільовий інструктаж членів бригади. Внаслідок таких дій електромонтер з експлуатації розподільчих мереж піднявся з допомогою лазів на електроопору, що знаходилась під напругою, та від ураження електрострумом загинув на місці. У даній виробничій ситуації безпосередньо як майстер виробничої дільниці так і головний інженер РЕМ ПрАТ «Львівобленерго» мали технічну можливість уникнути настання шкідливих наслідків події нещасного випадку, шляхом безумовного дотримання вищенаведених вимог нормативних документів з електробезпеки та охорони праці.

Слід відмітити, що при виконанні робіт на діючих електроустановках часто трапляються нещасні випадки по причині незастосування та неналежного використання засобів індивідуального та колективного захисту.

Так, на території трансформаторної підстанції в Дніпропетровській області співробітниками підрядної організації виконувались роботи з монтування панелей АВР. Головний енергетик підприємства-замовника робіт не виконав вимоги Правил [3], оскільки будучи допускателем електромонтерів підрядної організації до виконання робіт, та у відповідності до нормативно-технічних вимог повинен був обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмовідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик.

Електромонтер підрядної організації зі свого боку не виконав вимоги Правил [3], оскільки під час роботи поблизу струмовідних частин електроустановки напругою до 1000 У не використовував діелектричне взуття та ізолювальну підставку (діелектричний килим), а під час роботи поблизу струмовідних частин не застосовував інструмент із ізолювальними руків'ями та не користувався діелектричними рукавичками.

Внаслідок випадкового дотику до струмовідних частин, що знаходились під напругою, електромонтер підрядної організації від ураження струмом загинув.

Слід зазначити, що згідно з інформацією в джерелі [4] у вищенаведених виробничих ситуаціях безпосередньо посадові особи (майстер виробничої дільниці, головний енергетик, головний інженер підприємства), які організували до виконання роботи підвищеної небезпеки в електроустановках, мали технічну можливість уникнути настання шкідливих наслідків події нещасного випадку, шляхом безумовного дотримання вимог нормативних документів з електробезпеки та охорони праці, а їх дії (бездіяльність) з технічної точки зору, знаходяться в причинному зв'язку з настанням досліджуваних нещасних випадків.

З урахуванням викладеного, треба зазначити, що настання на виробництві нещасних випадків, пов'язаних із електротравматизмом, свідчить, у першу чергу, про незадовільне функціонування системи управління охороною праці на підприємстві, низький рівень трудової та виробничої дисципліни та зобов'язує вжиття відповідних заходів посадовими особами, як того вимагає ст. 13 Закону [5].

Список використаних джерел:

1. Гордон Г. Ю. Электротравматизм и его предупреждение. М., 1984.
2. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. 5-е изд., перераб. и доп. Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд.-ние, 1991. 480 с: ил.
3. НПАОП 40.1–1.01–97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0011–98> (дата звернення: 12.02.2019).
4. Методика експертного дослідження причинних зв'язків, реєстраційний код 10.5.01. URL: rmpse.minjust.gov.ua/page/9 (дата звернення: 04.02.2019).
5. Про охорону праці : закон України № 2695-ХІІ від 14.10.92. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694–12> (дата звернення: 20.02.2019).