

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2023.68.51>
УДК 347.948

Сергій Володимирович Роголін
старший науковий співробітник

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1934-8977>

E-mail: rohalin@i.ua

*Національний науковий центр
«Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса»
Міністерства юстиції України*

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНДИКАТОРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЯК ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ НА ПРИЛАДИ ОБЛІКУ ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ, СТВОРЕНОГО З МЕТОЮ НЕОБЛІКОВАНОГО СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Розглянуті найпоширеніші у застосуванні сучасні конструктивні виконання індикаторів впливу магнітного поля (далі – ІМП). Проаналізовано механізм спрацювання ІМП з різною будовою. За конструктивною будовою та принципом дії виконано поділ ІМП на окремі класифікаційні групи. Розглянуті ознаки нетипового спрацювання ІМП. Визначені випадки спрацювання ІМП, що потребують проведення комплексного дослідження із застосуванням дослідницьких методів різних судово-експертних спеціальностей для встановлення факту втручання у роботу приладів обліку з метою необлікованого споживання енергоресурсів.

***Ключові слова:** прилад обліку (лічильник), втручання в роботу приладу обліку, постійне магнітне поле, індикатор впливу магнітного поля (ІМП), індукція магнітного поля, постійний магніт, розподілення силових магнітних ліній.*

Постановка проблеми. Дослідження фактів та обставин необлікованого споживання енергоресурсів споживачами насамперед електричної енергії, природного газу, гарячої та холодної води у практиці проведення електротехнічних та теплотехнічних видів судових експертиз відноситься до найпоширеніших. Вихідні дані у судово-експертних дослідженнях цього напрямку, а саме дані актів про порушення споживання зазначених енергетичних ресурсів, містять інформацію щодо фіксації індикаторами впливу постійного магнітного поля (ІМП) впливу на прилад обліку постійного магнітного поля, що у досліджуваних випадках зазвичай заперечується споживачем як його навмисні дії з утворення такого поля. Експертне завдання судових експертиз цього напрямку потребує однозначного визначення спрацювання ІМП саме від постійного магнітного поля з виключенням всіх інших чинників. Наведене вимагає застосування спеціальних знань, а за

відсутності відображення у спеціальній літературі практичних питань дослідження ІМП, потребує від експерта застосування загальних наукових напрацювань з теорії електромагнітного поля. Саме тому висвітлення питань будови, механізму спрацювання ІМП та випадків так званого «нетипового» спрацювання ІМП є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Не зважаючи на широке практичне застосування індикаторів впливу постійного магнітного поля (ІМП) підприємствами енергозбуту, що застосовують їх для визначення існування магнітного поля в зоні конструктивного розташування сприйнятливих до дії постійного магнітного поля складових елементів приладів обліку (ПО, або Лічильник), спеціальна література, яка охоплює питання будови різного конструктивного виконання ІМП та дослідження випадків так званого «нетипового» спрацювання ІМП, на теперішній час відсутня. Автору не відомі сучасні публікації у наукових та науково-практичних періодичних виданнях з означених питань. Окремі питання дослідження ПО від дії на них постійного магнітного поля розглянуті в Методичці дослідження засобів обліку електричної енергії та схем їх підключення з метою вирішення діагностичних завдань [1]. Застосування методу моделювання з визначенням картини постійного магнітного поля зі спрацюванням досліджуваного ІМП розглянуто Роголінін С.В. [2]. Пошук в мережі Internet надає інформацію щодо механізму спрацювання поширеного (через низьку вартість) типу ІМП – «Магне Т» [3], або дані (технічні характеристики) з експлуатаційної документації (паспортів) конкретних типів ІМП (відомих під термінологією поширеною у використанні як «антимагнітні пломби») щодо будови, порогового значення спрацювання та механізму спрацювання [4, 5, 6, 7, 8]. Методики для виконання досліджень у судово-експертній практиці, які визначають приналежність досліджуваного ІМП до певного класу за будовою, механізмом спрацювання, – відсутні. Дослідження випадків так званого «нетипового» спрацювання з можливістю визначення приналежності досліджуваного випадку спрацювання ІМП до тієї чи іншої природи виконується експертом особисто за власним уявленням про роботу ІМП під дією зовнішніх сил та на підставі його фахового рівня підготовки в питаннях теорії електромагнітного поля.

Мета дослідження. Метою статті є огляд найпоширеніших у застосуванні конструктивних виконань індикаторів впливу магнітного поля, що встановлюються як фіксуючі технічні засоби втручання у роботу приладів обліку споживачів при використанні енергоресурсів внаслідок дії на них зовнішнього постійного магнітного поля. Встановлення механізму спрацювання ІМП з різною будовою. Виконання класифікаційного поділу ІМП на окремі класифікаційні групи за конструктивною будовою та принципом спрацювання. Визначення випадків спрацювання індикаторів впливу магнітного поля, що потребують проведення комплексного дослідження із застосуванням дослідницьких методів різних судово-експертних спеціальностей для встановлення факту втручання у роботу приладів обліку з метою необлікованого споживання енергоресурсів. Надання рекомендацій щодо застосування моделювання постійного магнітного поля з відтворенням спрацювання ІМП у дослідженні для встановлення факту втручання в роботу приладу обліку шляхом впливу на нього зовнішнього постійного магнітного

поля з метою необлікованого споживання енергоресурсів. Обґрунтування необхідності виконання перевірки працездатного стану досліджуваного ІМП експертом при дослідженні факту існування впливу постійного магнітного поля на прилад обліку споживання енергоресурсів.

Викладення основного матеріалу. Завдання, які вирішує судова електротехнічна експертиза у дослідженні впливу постійних магнітних полів на чутливі елементи схеми обліку, елементи передаточного механізму чи рахункового механізму приладів обліку електричної енергії, газу, гарячої та холодної води, до сьогодні вирішують опосередковано, – переважно шляхом дослідження стану індикаторів впливу магнітного поля. І.В. Богданюк, С.В. Роголін та В.С. Супрун у дослідженні роботи крокового двигуна приладів обліку електричної енергії при дії на них зовнішнього постійного магнітного поля зазначають, що «у випадках, коли за результатом дослідження стану ІМП зроблено висновок про його спрацювання, експерт визначається щодо наявності постійного магнітного поля, що, зі свого боку, дає підстави вважати існування впливу постійного магнітного поля на електромеханічний рахунковий механізм приладу обліку» [9]. Правила користування системами централізованого питного водопостачання та централізованого водовідведення в населених пунктах України визначають, що «індикатор магнітного впливу (поля) – наклейка (пристрій), що крипиться на лічильник, є чутливою до дії постійних магнітів та служить для індикації впливу магнітних полів на водомір для унеможливлення від несанкціонованого втручання споживачів у роботу вузлів/приладів обліку» [10]. При споживанні електричної енергії до ІМП Правилами роздрібного ринку електричної енергії встановлені наступні нормативні вимоги: «Індикатори мають бути сертифіковані (атестовані у разі встановлення лічильників із вмонтованим індикатором) в установленому порядку та мають фіксувати вплив на лічильник полів, силові характеристики яких перевищують такі порогові значення:

для постійних магнітних полів – 100 мТл;

для змінних магнітних полів – 30 мТл;

для електричних полів – 5 кВ» [11].

У практичному застосуванні існують ІМП з іншими пороговими значеннями індукції постійного магнітного поля, що є відмінними від величини 100 мТл. Інші порогові значення нормативно правовими актами не встановлюються, а визначаються виробниками приладів обліку, як допустима величина силової характеристики постійного магнітного поля, перевищення якої змінює стан несприйнятливості певного приладу обліку до дії магнітного поля, що призводить до невідповідності обліку, до зниження показників приладу обліку при споживанні енергоресурсу або зупинку обліку взагалі. На теперішній час ІМП виготовляються на наступні поширені у застосуванні порогові значення індукції постійного магнітного поля при яких відбувається індикація: 20 мТл; 30 мТл; 50 мТл; 70 мТл; 100 мТл; 420 мТл. Під індикацією мається на увазі спрацювання ІМП, що реалізується у певному конструктивному виконанні як зміна первинного стану ІМП під впливом постійного магнітного поля з індукцією, що перевищує зазначені порогові величини.

Переважна більшість конструктивного виконання ІМП, що існують на ринку для задоволення попиту компаній, які постачають енергоресурси та застосовуються ними для їх встановлення на ПО, виготовляються у вигляді стікерів (наклейок) з корпусом, де встановлено чутливий елемент (або елементи). Аналізом поширених у практичному застосуванні конструктивних виконань ІМП виділено три класифікаційні групи ІМП за ознакою зміни їх первинного стану (спрацювання) під впливом постійного магнітного поля.

Поширені у застосуванні ІМП надаються на фотозображеннях: Рис. 1 – Рис. 10. Надання цих фотозображень виконано разом з їх розділенням за класифікаційними групами за ознакою зміни їх первинного стану (спрацювання) під впливом постійного магнітного поля:

1-а група, до якої віднесено ІМП, при спрацюванні яких відбувається зміна форми геометричної фігури або малюнку (Рис. 1, 2, 3, 4, 5). У подальшому ІМП, що віднесені до цієї групи, іменуються як ІМП зміни форми, зміни малюнку, або скорочено ІМПЗФ, ІМПЗМ відповідно;



Рис. 1.



Рис. 2.



Рис. 3.



Рис. 4.



Рис. 5.

Рис. 1, 2, 3, 4, 5. ІМП, спрацювання яких відбувається зі зміною геометричної форми, фігури або малюнку

2-а група, до якої віднесено ІМП, при спрацюванні яких відбувається зміна положення або орієнтації чутливих елементів (Рис. 6, 7, 8). У подальшому ІМП, що віднесені до цієї групи іменуються як ІМП орієнтації, або скорочено ІМПзО;

3-я група, до якої віднесено ІМП, при спрацюванні яких відбувається зміна величини характеристичного параметру (Рис. 9, 10). У подальшому ІМП, що віднесені до цієї групи, іменуються як ІМП зміни параметру, або скорочено ІМПзП.

Механізм спрацювання (зміни первинного стану) під впливом постійного магнітного поля у ІМП, що віднесені автором до певної групи класифікаційного поділу один і той самий в одній групі, але відрізняється між групами та визначається їх будовою.



Рис. 6.



Рис. 7.



Рис. 8.

Рис. 6, 7, 8. ІМП, спрацювання яких відбувається зі зміною положення або орієнтації чутливих елементів

У 1-й групі спрацювання ІМПзФ під впливом постійного магнітного поля з магнітною індукцією вищою за порогове значення відбувається з вивільненням феромагнітних часток із складу суспензії. Оскільки у будові ІМП, віднесених до 1-ї групи класифікаційного поділу, застосовуються феромагнітні частинки магнітно-м'якого матеріалу (залізного порошку) з мізерно малою залишковою намагніченістю та ізотропією магнітних моментів магнітних доменів в межах фракції порошку, то орієнтація цих часток відбувається колінеарно силовим лініям постійного магнітного поля (Рис. 12), під впливом якого ці частинки вивільняються зі складу суспензії, внаслідок чого відбувається руйнування первинної форми ІМПзФ (Рис. 11).

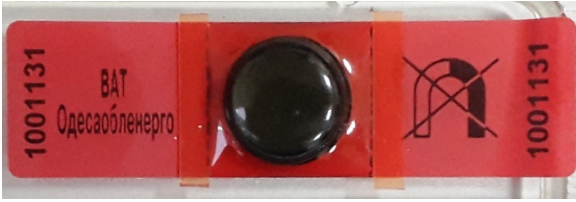


Рис. 9.



Рис. 10.

Рис. 9, 10. ІМП, спрацювання яких відбувається зі зміною величини характеристичного параметру

Феромагнітні частинки не можуть вільно переміщуватись, їх рух обмежено, але в наслідок дії на них магнітного поля можливо спостерігати їх реакцію на вплив магнітного поля завдяки прозорій капсулі – екрану.

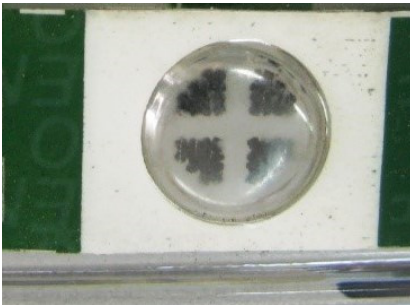


Рис. 11.

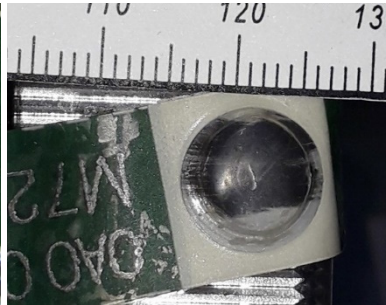


Рис. 12.

Механізм спрацювання ІМПЗМ є подібним до спрацювання ІМПЗФ, але має певні відмінності, а завдяки конструкції окремих типів ІМПЗМ їх спрацювання може відбуватись східчато з індикацією за перевищенням двох значень індукції постійного магнітного поля послідовно. Особливості та відмінності будови ІМПЗМ полягають у тому, що залізний порошок певної фракції розміщується у мікрокапсулах з гелеподібним наповнювачем, які в свою чергу розміщені у певному порядку з утворенням малюнку, фігури, літери тощо. У деяких типах ІМПЗМ застосовуються наповнювачі різного кольору. Оскільки феромагнітні частинки розміщені всередині мікрокапсул, то до спрацювання ІМПЗМ малюнок не відтворюється на захисному «екрані» ІМПЗМ. Руйнування мікрокапсул під впливом постійного магнітного поля з магнітною індукцією вищою за перше порогове значення призводить до вивільнення феромагнітних часток з мікрокапсул та їх наближення до «екрану» ІМПЗМ, внаслідок чого змінюється малюнок або колір малюнку. Для можливості спрацювання ІМПЗМ за другим значенням індукції

постійного магнітного поля застосовується феромагнітний матеріал з іншою фракцією, або наповнювач з іншими фізичними властивостями.

У 2-й групі спрацювання ІМПзО під впливом постійного магнітного поля з магнітною індукцією вищою за порогове значення відбувається зі зміною положення, орієнтації чутливих елементів в межах прозорої капсули циліндричної форми, виготовленої з полімерного матеріалу. В окремих типах ІМПзО капсула може мати водостійке конструктивне виконання, що визначається умовами розміщення цих ІМП на лічильниках розходу рідини (водомірів). Чутливими елементами ІМПзО є певного розміру 2 або 4 циліндри, що виготовлені з магнітно-жорсткого матеріалу, до складу якого входять рідкоземельні хімічні елементи (РЗМ-елементи), та які намагнічені у поздовжньому (у напрямку осі циліндру) або поперечному напрямку. У поширених типах ІМПзО зазвичай застосовуються чутливі РЗМ-елементи з діаметрами та висотами: \varnothing 1,5 мм та Н 1,5 мм; \varnothing 2 мм та Н 2 мм, а також \varnothing 3,0 мм та Н 1,0 мм. У разі конструктивного виконання ІМПзО з чотирма чутливими РЗМ-елементами, що намагнічені у аксіальному напрямку, їх полярність по колу чергується.

До виникнення постійного магнітного поля з магнітною індукцією вищою за встановлене виробником порогове значення, чутливі РЗМ-елементи знаходяться у незміненому положенні, яке забезпечується їх рівноважним станом, який забезпечується також завдяки наявності у будові ІМПзО підложки з феромагнітним шаром, що виготовлений з магнітно-м'якого матеріалу (Рис. 13 та Рис. 14).



Рис. 13. Переріз ІМПзО

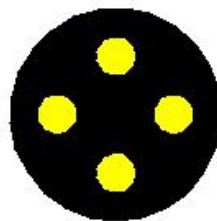


Рис. 14. Підложка ІМПзО

Феромагнітний шар підложки разом з чутливими РЗМ-елементами утворюють магнітну систему, в якій ці чутливі елементи утримуються власним полем розсіювання у первинному урівноваженому стані до виникнення зовнішнього постійного магнітного поля впливу. Силові лінії індукції магнітного поля розсіювання чутливих РЗМ-елементів в первинному стані надаються на малюнку Рис. 15.

Розподіленість силових магнітних ліній поля розсіювання чутливих РЗМ-елементів у первинному стані виконано у даній статті при моделюванні із застосуванням методу кінцевих елементів (МКЕ) для вирішення чисельно-польового аналізу.

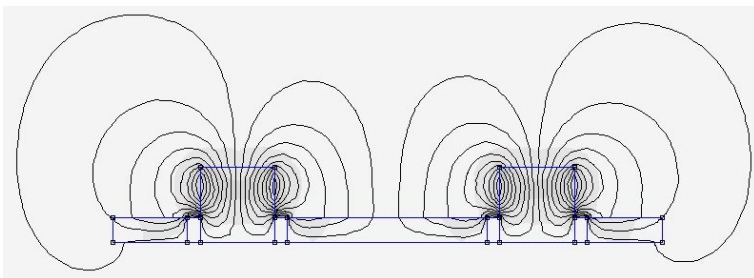


Рис. 15. Розподілення силових магнітних ліній поля розсіювання чутливих РЗМ-елементів з аксіальним намагнічуванням

Наближення до ІМПзО постійного магніту з параметрами, що відповідають здатності до утворення в місці встановлення ІМПзО постійного магнітного поля зі значенням індукції, що перевищує порогове значення, спричиняє виникнення сили магнітного тяжіння між постійним магнітом та двома із чотирьох чутливих елементів. Решта (інші два) чутливих елемента з протилежною полярністю зазнають іншого напрямку сили взаємодії, що повинна притискати ці два чутливі елементи до полімерного шару жовтого кольору основи ІМПзО (Рис. 13 та 14).



Рис.16, 17, 18. Спрацювання ІМПзО з чутливими РЗМ-елементами з поздовжнім та поперечним намагнічуванням відповідно

Проте, такий випадок спрямування сили взаємодії можливий лише в разі наближення зовнішнього постійного магніту чітко по нормалі, а розсіювання силових магнітних ліній зовнішнього постійного магніту лежить за межами розміру феромагнітного шару підложки ІМПзО, що можливе тільки у випадку значного за розміром полюсу джерела зовнішнього постійного магнітного поля (тобто магнітне поле в межах капсули ІМПзО можливо вважати рівномірним). Відхилення напрямку наближення від нормалі, або порушення рівномірності зовнішнього магнітного поля в межах розміру капсули ІМПзО призведе до появи тангенціальних складових сил взаємодії, як при тяжінні перших двох чутливих елементів, так і відштовхуванні у протилежному напрямку двох інших чутливих елементів ІМПзО. Результатом впливу сил взаємодії, що пропорційна квадрату індукції магнітного поля та перерізу полюсу, є подолання

рівноважного положення чутливих РЗМ-елементів ІМПзО з перпендикулярним положенням осей чутливих елементів відносно феромагнітного шару підложки ІМПзО, та, як наслідок, зміна орієнтації чутливих елементів у межах порожнини капсули ІМПзО. Нова орієнтація чутливих РЗМ-елементів після припинення дії зовнішнього магнітного поля на ІМПзО неодмінно призведе до появи сил взаємодії між магнітними полюсами чутливих елементів цього ІМПзО та їх неодмінного групування – механічного з'єднання («злипання») між собою.

У 3-й групі спрацювання ІМПзП під впливом постійного магнітного поля з магнітною індукцією вищою за порогове значення відбувається з намагнічуванням чутливого елемента. Чутливий елемент ІМПзП у первинному стані є ненамагніченим. Ненамагнічений стан чутливого елемента відповідає неупорядкованому напрямку магнітних моментів доменів магнітно-жорсткого матеріалу, з якого він виготовлений. У конструктивному виконанні ІМПзП застосовуються висококоерцитивні матеріали, що відносяться до групи феритів: ферит кобальту (CoFe_2O_4) ферит барію ($\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) ферит стронцію ($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) [12, 13] тощо. Первинне утворення постійного магнітного поля з певним значенням напруженості H_1 відбувається по кривій намагнічування 0-1 (див. малюнок Рис. 19. Часткові цикли намагнічування). З прикладенням поля з напруженістю H_1 намагнічування відбувається по кривій 0-1'. Повний цикл перемагнічування (зі зміною напрямку поля) відбувається за залежністю, що відображує властивості матеріалу, що визначають як гістерезис [14]. На малюнку Рис. 19 повний цикл позначений тонкою лінією. Багатократне перемагнічування матеріалу (намагнічування по наростаючій гілці, розмагнічування по спадаючій гілці) призводить до повної орієнтації магнітних моментів всіх доменів, наслідком чого є формування граничної петлі гістерезису. На малюнку Рис. 19 гранична петля гістерезису подана частково, у вигляді фрагментів наростаючої та спадаючої гілок. Первинне прикладання поля з напруженістю H_1 до чутливого елемента ІМПзП призводить до часткової орієнтації магнітних моментів доменів та викликає появу залишкової намагніченості матеріалу, яка характеризується індукцією B_R (точка 2 на рис. 19) після зняття поля. Оскільки повторне намагнічування чутливого елемента ІМПзП у досліджуваному випадку утворення постійного магнітного поля для необлікованого споживання енергоресурсів відбувається за допомогою того самого постійного магніту, що застосовується споживачем із зазначеною метою, то воно (намагнічування) відбувається по частковому циклу, а саме по наростаючій гілці 2-3 часткового циклу (Рис. 19) без розмагнічування чутливого елемента.

Зняття поля (винесення на значну відстань постійного магніту впливу) не призводить до розмагнічування, бо для цього потрібно прикладання поля зворотної полярності. На рис. 19, як приклад наведено часткове розмагнічування з прикладанням поля зворотного поля на ділянці 2-2', яка позначена штриховою лінією. Повторне (друге, третє і так далі) намагнічування має відмінність від первинного намагнічування, а саме: утворення поля з напруженістю H_1 відповідає індукції магнітного поля B_3 , більшої за значення індукції первинного намагнічування B_1 , бо повторне намагнічування призводить до доменної структуризації, що також підтверджується

розробленою Джайлсом та Атертоном теорією феромагнітного гістерезису [15], яка розділяє у функції насичення зворотне та незворотне намагнічування. Проте, зняття поля впливу – поля постійного магніту, що є засобом здійснення втручання у роботу ПО, відповідає зміненому стану чутливого елемента ІМПзП з тим самим значенням залишкової індукції B_R (точка 2 на рис. 19), що і у випадку первинного намагнічування (однократного втручання у роботу досліджуваного ПО). Досягнення цього стану відбувається по спадаючій гілці 3 – 2 часткового циклу.

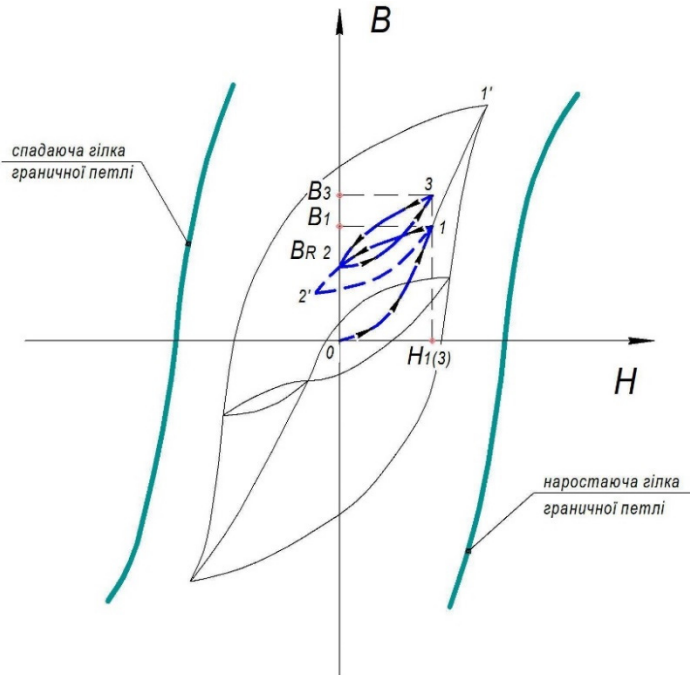


Рис. 19. Часткові цикли намагнічування

З викладеного випливає, що змінений стан чутливого елемента ІМПзП з певним значенням залишкової індукції фіксується інструментально, наприклад, тесламетром, і відповідає конкретному значенню індукції магнітного поля впливу (Рис. 20). З паспорту ІМПзП типу ІМП-1 у наведеному прикладі спрацювання (Рис. 20) відомо, що «При воздействии на прибор магнитным полем более 100 мТл индикатор зафиксирует данное воздействие. Остаточная магнитная индукция на поверхностях индикатора составит не менее $2,1 \pm 12\%$ мТл. Определение остаточной магнитной индукции индикатора определяется при помощи аттестованного указателя магнитного поля либо при помощи аттестованного тесламетра».



Рис. 20 Вимірювання значення залишкової індукції чутливого елемента ІМПЗП.

Наведене також виключає існування технічних підстав у випадках заперечення існування впливу магнітного поля на ПО у судових засіданнях при застосуванні ІМПЗП на відміну від ІМПЗФ та ІМПЗО, при застосуванні яких судово-експертна практика стикається з випадками, коли дослідження втручання у роботу ПО проводиться в тому числі і за нетиповими спрацюваннями (змінами первинного стану) ІМП та неспрацюваннями ІМПЗФ та ІМПЗО за певних умов.

До нетипового спрацювання ІМПЗФ можливо віднести зміну їх первинного стану, коли феромагнітні частинки магнітно-м'якого матеріалу (залізного порошку), що утворюють первинну форму, вивільняються зі складу суспензії без орієнтації цих частинок по напрямним лініям, по яких фіксують існування силових ліній постійного магнітного поля у випадку штатного (типового) спрацювання ІМПЗФ. Судові експертизи у випадках спрацювання ІМПЗФ з відсутністю напрямку орієнтації феромагнітних частинок слід проводити комплексно у електротехнічних дослідженнях та дослідженнях матеріалів, речовин та виробів, бо нетипове вивільнення феромагнітних частинок із складу суспензії може відбуватись через пересихання зв'язуючого компоненту внаслідок збігу під час експлуатації терміну придатності ІМПЗФ, в період якого виробник гарантує технічні характеристики ІМПЗФ як виробу, та/або через експлуатацію ПО з ІМПЗФ в умовах підвищеної температури понад $+50^{\circ}\text{C}$, прямого сонячного опромінення тощо. Судові експертизи у випадках спрацювання ІМПЗФ з відсутністю напрямку орієнтації феромагнітних частинок слід проводити комплексно у електротехнічних дослідженнях та інженерно-механічних дослідженнях, коли у наданих на дослідження матеріалах справи містяться дані про існування механічних навантажень на об'єкт дослідження (наприклад існування фактів вібрації, ударів в експлуатації трубопроводу, на якому встановлено ПО з ІМПЗФ), в наслідок чого може відбуватись осипання феромагнітного матеріалу в умовах висихання зв'язуючого компоненту від дії підвищеної температури або від дії ультрафіолетового випромінювання. Приклад ІМПЗФ з ознаками деструкції полімерних матеріалів капсули та зв'язуючого компоненту надається на Рис. 21.



Рис. 21. Зовнішній вигляд деструкції полімерних матеріалів капсули та зв'язуючого компонента від дії ультрафіолетового випромінювання

Комплексні судові електротехнічні та трасологічні дослідження слід також проводити у випадках, коли наявні ознаки руйнування капсули ІМПЗФ, які можливо (за існування інших підстав) вважати навмисним руйнуванням капсули ІМПЗФ з метою приховання факту спрацювання ІМПЗФ в умовах існування постійного магнітного поля впливу з магнітною індукцією вищою за порогове значення.



Рис. 22.



Рис. 23.

Рис. 22, 23. Приклади загального вигляду руйнування ІМПЗФ

До нетипового спрацювання ІМПЗО можливо віднести зміну їх первинного стану, коли спрацювання ІМПЗО відбувається без набуття ознак загального групування («злипання») всіх чутливих РЗМ-елементів, ознак обмеженого «злипання» окремих чутливих РЗМ-елементів та ознаками зміни орієнтації без зміни позиціювання на підложці. Приклади спрацювання ІМПЗО без набуття ознак групування («злипання») чутливих РЗМ-елементів надаються на фотозображеннях Рис. 24, 25.

На наведених фотозображеннях нетипового спрацювання ІМПЗО надаються приклади зміни первинного стану без загального групування («злипання») чутливих РЗМ-елементів (Рис. 24) або з ознаками обмеженого «злипання» окремих (двох із чотирьох) чутливих РЗМ-елементів (Рис. 25), а також ознаками зміни орієнтації без зміни позиціювання на підложці всіх РЗМ-елементів (на рис. 24 нижній індикаторний кольоровий шар підложки не спостерігається) та ознаками зміни орієнтації без зміни позиціювання на

підложці одного чутливого РЗМ-елемента (на рис. 25 нижній індикаторний кольоровий шар підложки спостерігається від зміни позиціонування тільки одного чутливого РЗМ-елемента). Судовий експерт за проведенням дослідження нетипового спрацювання ІМПзО зазвичай доходять до висновку про зміну первинного стану чутливих РЗМ-елементів в умовах недосягнення величини порогового значення індукції постійного магнітного поля, тобто про спрацювання ІМПзО від впливу постійного магнітного поля з індукцією меншою ніж 100 мТл. Важливим у проведенні дослідження за нетиповим спрацюванням ІМПзО є орієнтація у просторі чутливих РЗМ-елементів, що свідчить про напрямок внесення постійного магніту, що здійснює вплив, на сприйнятливі до його дії конструктивні складові елементи лічильника. Визначення щодо розташування у досліджуваному напрямку сприйнятливо до дії постійного магнітного поля конструктивного складового елемента лічильника може додатково свідчити про навмисні дії особи щодо здійснення заміру втручання в його роботу з метою необлікованого споживання енергоресурсів.

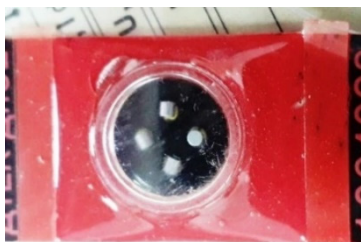


Рис. 24.

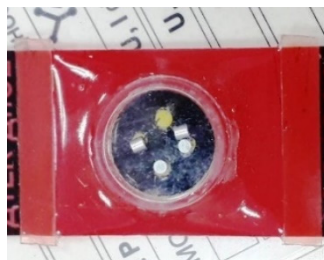


Рис. 25.

Рис. 24, 25. Ознаки нетипового спрацювання ІМПзО

Дослідницьке завдання з визначення існування втручання у роботу ПО, що здійснює облік споживання енергоресурсів при утворенні зовнішнього постійного магнітного поля від наближення до ПО постійного магніту, може вирішуватись методом кінцевих елементів у двовимірній постановці задачі на базі відтвореної геометричної моделі, наприклад, із застосуванням програмного комплексу FEMM [16] з подальшим числовим розрахунком значення індукції магнітного поля в місці розташування ІМП. Побудова дослідницької моделі з подальшим отриманням результатів чисельно-польового аналізу та значеннями індукції магнітного поля в місці встановлення ІМП може бути виконана з урахуванням фактичної речової обстановки щодо магнітного екранування лічильника певними феромагнітними конструктивними елементами улаштування вузла обліку, а також екранування додатковими пристроями, що сприяють втручанню в облік та захищають чутливі елементи ІМП від спрацювання [2].

Пошук в мережі Internet (наприклад Internet-ресурс [17, 18]) надає інформацію щодо задоволення попиту з виготовлення за ідентифікаційними ознаками оригіналу ІМП на замовлення споживача енергоресурсів копії ІМП так званого «муляжу ІМП» без функціональної можливості спрацювання цього виробу від дії на нього постійного магнітного поля, що робить можливим не обліковане споживання енергоресурсу в умовах постійного магнітного поля, яке здійснює вплив на роботу лічильника. Дослідження фактів та обставин не облікованого споживання енергоресурсів споживачами при утворенні зовнішнього постійного магнітного поля шляхом наближення до лічильника високоенергетичного постійного магніту потребує на думку автора статті обов'язкової перевірки факту спрацювання досліджуваного ІМП у експертному дослідженні. Зазначену перевірку факту спрацювання досліджуваного ІМП слід виконувати на останньому етапі виконання дослідження, бо виконання такої перевірки змінює стан об'єкту наданого на дослідження. Для виконання такої перевірки судовий експерт має отримати дозвіл за відповідним попереднім клопотанням від особи або органу, який призначив виконання судової експертизи. Фактичне спрацювання досліджуваного ІМП у експертному дослідженні при перевищенні нормативної величини порогового значення індукції магнітного поля встановлює факт відповідності ІМП встановленим нормативним вимогам та відповідності індикації (його спрацювання) у випадку існування магнітного поля впливу на досліджуваний лічильник, а також виключає можливість застосування так званого «муляжу ІМП» у випадку необлікованого споживання енергоресурсів в умовах наявності постійного магнітного поля від наближення до лічильника високоенергетичного постійного магніту.

Висновки. Підсумовуючи можливо констатувати наступні висновки за проведеним дослідженням.

Розглянуті найпоширеніші у застосуванні сучасні конструктивні виконання індикаторів впливу магнітного поля (ІМП), що встановлюються як фіксуючі технічні засоби втручання у роботу приладів обліку споживачів при використанні енергоресурсів внаслідок дії на них зовнішнього постійного магнітного поля. Проаналізовано механізм спрацювання ІМП з різною будовою. За конструктивною будовою та принципом дії виконано поділ індикаторів впливу магнітного поля на окремі класифікаційні групи. Розглянуті ознаки нетипового спрацювання ІМП. Визначені випадки спрацювання індикаторів впливу магнітного поля, що потребують проведення комплексного дослідження із застосуванням дослідницьких методів різних судово-експертних спеціальностей для встановлення факту втручання у роботу приладів обліку з метою необлікованого споживання енергоресурсів. Надано рекомендації щодо застосування моделювання постійного магнітного поля з відтворенням спрацювання досліджуваного ІМП для встановлення факту втручання в роботу приладу обліку шляхом впливу на нього зовнішнього постійного магнітного поля з метою необлікованого споживання енергоресурсів. Обґрунтовано необхідність виконання перевірки працездатного стану досліджуваного ІМП у експертному дослідженні факту існування впливу постійного магнітного поля на прилад обліку споживання енергоресурсів.

Перелік посилань

1. Методика дослідження засобів обліку електричної енергії та схем їх підключення з метою вирішення діагностичних завдань (реєстраційний номер 0.1.21). URL: <http://rmpse.minjust.gov.ua/page/1>

2. Роголін С. В. Математичне моделювання вихрового поля та визначення його характеристик методом кінцевих елементів програмними засобами обчислення у дослідженні індикаторів магнітного поля при вирішенні діагностичних завдань судової експертизи розрахункових приладів обліку, що зазнали втручання від впливу постійного або повільно змінного магнітного поля. *Актуальні питання судової експертизи і криміналістики. Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 150 річчю з дня народження Засл. проф. М. С. Бокаріуса (Харків, 18-19 квітня 2019 року) Харків: ХНДІСЕ. 2019. С.346-348. URL: https://www.hniise.gov.ua/user_files/File/sbornik/2019/sbornik_150.pdf*

3. Website ТОВ «Андреал» підприємства-виробника ІМП типу «Мagne Т» URL: <https://plombaua.prom.ua/g4414212-antimagnitnye-plomby>

4. Website ТОВ «Янгул» підприємства-виробника ІМП типів «ПОЛЮС-ІН», ІВМП-1-2, ІВМП-3-2, ІВМП-4-1, Силмаг МС URL: https://plomba.org.ua/antimagnit-indikatory_magnitnogovozdejstviya?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=7262773352&utm_content=80822509579&utm_term=%2B%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B0%20%2B%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F&gclid=CjwKCAjwpMOiBhBAEiwAy5M6YMAOXaSouieoDzYQbMgK9k725ap6i0VxDRqH5Pb754pl39a-RtfFOBoCrF8QAvD_BwE

5. Website ООО «Силтэк» підприємства-виробника ІМП типу «МИГ» URL: <http://82plomba.ru/product/antimagnitnaya-plomba-nakleyka-imp-mig-501/>

References

1. Methodology for investigating electricity metering devices and their connection schemes for diagnostic purposes (Registration Number 0.1.21). Retrieved from: <http://rmpse.minjust.gov.ua/page/1> (in Ukrainian).

2. Rohalyn, S. V. (2019). Mathematical modeling of vortex field and determination of its characteristics using finite element method in software tools for studying magnetic field indicators for solving diagnostic tasks of forensic examination of calculation devices that have been interfered with by the influence of constant or slowly changing magnetic fields. *Current issues in forensic examination and criminology. Collection of proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 150th anniversary of Honored Professor M. S. Bokarius (Kharkiv, April 18-19) Kharkiv. P. 346-348* Retrieved from: https://www.hniise.gov.ua/user_files/File/sbornik/2019/sbornik_150.pdf (in Ukrainian).

3. Website of «Andreal» LLC, a manufacturer of «Magne T» IMP. Retrieved from: <https://plombaua.prom.ua/g4414212-antimagnitnye-plomby> (in Russian).

4. Website «Yangul» LLC, the manufacturer of IMPs of the types «POLYUS-IN», IVMP-1-2, IVMP-3-2, IVMP-4-1, Silmag MS. Retrieved from: https://plomba.org.ua/antimagnit-indikatorymagnitnogovozdejstviya?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=7262773352&utm_content=80822509579&utm_term=%2B%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B0%20%2B%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F&gclid=CjwKCAjwpMOiBhBAEiwAy5M6YMAOXaSouieoDzYQbMgK9k725ap6i0VxDRqH5Pb754pl39a-RtfFOBoCrF8QAvD_BwE (in russian).

5. Website of «Syltek» LLC of the manufacturer of IMP «MYH» type. Retrieved from: <http://82plomba.ru/product/antimagnitnaya-plomba-nakleyka-imp-mig-501/> (in russian).

6. Website Мосплomba підприємства-виробника ІМП типу «МТЛ-20» URL: <https://mosplomba.ru/articles/antimagnitnyye-plomby-mtl-20-printsip-deystviya/>
7. Website ТОВ «Алгіс» підприємства-виробника ІМП типу «Смарт» URL: http://plomb.com.ua/indikator_magnitnogo_polya/
8. Website ООО «АСПЛОМБ» підприємства-виробника ІМП типів «АСПЛОМБ», «АМ-1», «ІМП2+», «АГІ-1» URL: http://plombaural.ru/katalog/plombirovochnye_e_naklejki
9. Богданюк І. В., Роголін С. В., Супрун В. С. Дослідження роботи крокового двигуна приладів обліку електричної енергії при дії на них зовнішнього постійного магнітного поля, утвореного з метою безоблікового споживання електричної енергії. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*: зб. наук. пр. / редкол.: О. М. Ключев, В. Ю. Шепітько та ін. - Харків: Право, 2020. Вип. 22. 635, С. 442-460. DOI:<https://doi.org/10.32353/khrife.2.2020.36>
10. Правила користування системами централізованого питного водопостачання та централізованого водовідведення в населених пунктах України. Затверджені Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 27.06.2008 № 190. [Чинні від 18.10.2008] URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0936-08#Text>
11. Правила роздрібного ринку електричної енергії: затв. постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 312 [Чинні від 27.07.2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18>
12. Вонсовский С. В. Магнетизм. Москва: Наука, 1971. 1032 с.: ил. С. 859-860.
13. Альтман А. Б., Герберг А. Н., Гладышев П. А. и др. Постоянные магниты: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Энергия, 1980. 488 с.: ил.
6. Website «Mosplomba» of the manufacturer of the MTL-20 IMP. Retrieved from: <https://mosplomba.ru/articles/antimagnitnyye-plomby-mtl-20-printsip-deystviya/> (in russian).
7. Website of «Algis» LLC, a manufacturer of «Smart» IMP type. Retrieved from: http://plomb.com.ua/indikator_magnitnogo_polya/ (in russian).
8. Website of «ASPLOMB» LLC of the manufacturer of IMP of the «ASPLOMB», «AM-1», «IMP2+», «AGI-1» types. Retrieved from: http://plombaural.ru/katalog/plombirovochnye_naklejki (in russian).
9. Bohdaniuk, I. V., Rohalin, S. V., Suprun V. S. (2020). Research on the operation of stepper motors in electricity metering devices under the influence of external constant magnetic fields, created for the purpose of unauthorized consumption of electrical energy. *Theory and practice of forensic expertise and criminalistics: collection of scientific papers*. Kharkiv. Issue. 22. 635 p, P. 442-460. DOI: <https://doi.org/10.32353/khrife.2.2020.36> (in Ukrainian).
10. Rules for using systems of centralized drinking water supply and centralized water drainage in populated areas of Ukraine. Approved by the Order of the Ministry of Housing and Communal Affairs of Ukraine dated 06/27/2008 No. 190. [Effective as of 18.10.2008]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0936-08#Text> (in Ukrainian).
11. Rules of the retail electricity market. Approved by Resolution of the NEURC dated 14.03.2018 No. 312 [Effective as of 27.07.2019]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18> (in Ukrainian).
12. Vonsovskiy, S. V. (1971). *Magnetism*. Moscow. 1032 p. (in russian).
13. Altman, A. B., Herberh, A. N., Hladyshev, P. A. et all. (1980). *Permanent Magnets: Handbook*. 2nd ed., revised. Moscow. 488 p. (in russian).

14. Рейнбот Г. Магнитные материалы и их применение: пер. с нем. Ленинград: Энергия, 1974. 384 с.: ил. С. 28-32.
14. Reinbot, H. (1974). Magnetic materials and their application. Leningrad. 384 p. (in russian).
15. Jiles D. C. and Atherton D. L. Theory of ferromagnetic hysteresis. *Journal of Applied Physics*. 55. 2115 (1984). URL: <https://doi.org/10.1063/1.333582>
15. Jiles, D. C. and Atherton, D. L. (1984). Theory of ferromagnetic hysteresis *Journal of Applied Physics* 55, 2115. Retrieved from: <https://doi.org/10.1063/1.333582> (in English).
16. Website Aladdin Enterprises, Menlo Park, California, USA. Finite Element Method Magnetics FEMM. URL: <http://www.femm.info/wiki/HomePage>
16. Website Aladdin Enterprises, Menlo Park, California, USA. Finite Element Method Magnetics FEMM. Retrieved from: <http://www.femm.info/wiki/HomePage> (in English).
17. Website виробника дублікату антимагнітної вічної пломби. URL: <https://neomagnits.com.ua/products/dublika-t-antimagnitnoj-plomby-vechnaya>
17. Website of the manufacturer of the duplicate antimagnetic eternal seal. Retrieved from: <https://neomagnits.com.ua/products/dublikat-antimagnitnoj-plomby-vechnaya> (in russian).
18. Дубликаты антимагнитных и пластиковых пломб. Изготовление вечных антимагнитных муляж пломб. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=eXHymdAznAM> (дата звернення: 20.08.2021)
18. Duplicate antimagnetic and plastic seals. Production of permanent anti-magnetic dummy seals. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=eXHymdAznAM> (in russian).

FEATURES OF PERFORMING EXPERT STUDIES OF MAGNETIC FIELD INDICATORS AS A MEANS OF IDENTIFYING THE IMPACT ON METERING DEVICES OF AN EXTERNAL MAGNETIC FIELD CREATED FOR THE PURPOSE OF UNACCOUNTED CONSUMPTION OF ENERGY RESOURCES

S. Rohalin

The study of the facts and circumstances of the unaccounted use of energy resources by consumers, primarily electric energy, natural gas, hot and cold water in the practice of conducting electrical and heat engineering types of forensic examinations, is one of the most common. The initial data in forensic research in this area, namely the data of acts on the violation of the consumption of these energy resources, including information on fixing the impact on the metering device of a constant magnetic field by magnetic field effect indicator (MFEI), which in the cases under study is usually denied by the consumer as his intentional actions to create such a field. The expert task of forensic examinations in this area requires an unambiguous definition of the operation of a MFEI from a constant magnetic field with certain power characteristics, with the exclusion of other factors of influence.

The most common modern designs of magnetic field impact indicators in use, which are installed by energy sales enterprises as fixing technical means of interfering with the operation of consumer metering devices when using energy resources as a result of exposure to an external constant magnetic field, are considered. The triggering mechanism of MFEI of different designs is analyzed. According to the constructive construction and principle of operation, the indicators of the influence of the magnetic

field are divided into separate classification groups. Signs of atypical triggering of the MFEI are considered. Cases of activation of indicators of the impact of the magnetic field are determined, requiring a comprehensive study using research methods of various forensic specialties to establish the fact of interference in the operation of metering devices in order to unaccounted for the consumption of energy resources. Recommendations are given on the application of the method of modeling a constant magnetic field with the reproduction of the conditions for the operation of the investigated MFEI to establish the fact of interference in the operation of the meter by exposing it to an external constant magnetic field in order to unaccounted for the consumption of energy resources. The necessity of performing a check of the operable state of the MFEI in expert experience in the study of the fact of the existence of the influence of a constant magnetic field on the metering device for energy consumption is substantiated.

Key words: metering device (meter), interference in metering device operation, constant magnetic field, magnetic field effect indicator (MFEI), magnetic field induction, permanent magnet, distribution of power magnetic lines.

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2023.68.52>
УДК 343.98:346.148.6

Андрій Юрійович Шатковський
старший судовий експерт

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1481-4808>
E-mail: A_Shatkovsky@ukr.net

Андрій Степанович Куйбіда
судовий експерт

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1450-9122>
E-mail: AndriyKuybida@ukr.net

Олег Володимирович Джус
завідувач лабораторією, судовий експерт

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7577-4049>
E-mail: djusov22@gmail.com

Петро Михайлович Грицишин
кандидат технічних наук, доцент,
провідний науковий співробітник

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5909-947X>
E-mail: p.hrytsyshyn@gmail.com

*Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України*