

Академія метрології України

01133, Україна, м. Київ,
вул. Кутузова, 18/7, оф. 308
Тел: +38-044- 355-05-62
Тел./факс +38-044- 286-44-15
E-mail: academy@istl.org.ua
[WWW. http://academyistl.org.ua](http://WWW.http://academyistl.org.ua)



01133 Ukraine, Kiev
Kutuzova street, 18/7, of. 308
Тел: +38-044- 355-05-62
Тел./факс +38-044- 286-44-15
E-mail: academy@istl.org.ua
[WWW. http://academyistl.org.ua](http://WWW.http://academyistl.org.ua)

Academy metrology of Ukraine

ВІДГУК

офіційного опонента д-ра техн. наук, старш. наук. співроб. Большакова В.Б.
на дисертаційну роботу **Шібан Тамера**

«Електромагнітний багатопараметровий перетворювач з просторово-періодичним полем для контролю циліндричних виробів»,
яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та
визначення складу речовин

Дисертаційна робота, що опонується, складається з анотацій і списку публікацій здобувача за темою дисертації українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел інформації та додатків. Загальний обсяг роботи становить 152 сторінки друкованого тексту, які містять 122 сторінки основного тексту з 34 рисунками і 4 таблицями за текстом, список використаних джерел зі 151 найменування на 18 сторінках і 4 додатка на 12 сторінках.

Дисертацію написано грамотною українською мовою, оформлено згідно з «Вимогами до оформлення дисертації», затвердженими Наказом МОН України від 12.01.2017 № 40, виконано на вельми високому рівні.

Дисертація Шібан Тамера є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності вирішують важливу науково-прикладну задачу в області неруйнівного контролю – безконтактне одночасне визначення з нормованими похибками у реальному масштабі часу електричних, магнітних і геометричних параметрів металевих циліндричних промислових виробів та конструкцій за рахунок подальшого розвитку багатопараметрового електромагнітного методу контролю шляхом розроблення та дослідження новітніх фізико-математичних моделей і закономірностей зв'язків характеристик сигналу перетворювача і магнітного поля зовні дослідного виробу, що обумовлює цей сигнал і збуджується струмами, індукованими у виробі електромагнітним полем

лінійного провідника зі струмом, розташованим уздовж його бокової поверхні, з параметрами виробу, а також їх реалізації у створених відповідних перетворювачах з просторово-періодичною структурою магнітного поля.

Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлено тим, що найпоширенішими матеріалами, які використовуються для виготовлення виробів в промисловості, енергетиці та на транспорті є магнітні і немагнітні електропровідні матеріали різного складу. Як правило, при їх застосуванні необхідно контролювати їх параметри, розпізнавати марку, оцінювати твердість, міцність, глибину та якість механічної, термічної і хіміко-термічної обробок, визначати ступінь механічної напруги, якість поверхневих шарів, виявляти міжкристалічну корозію. Причому, забезпечувати цей контроль необхідно як на стадії постачання сировини, так й при виробництві, монтажу, налагодженні та експлуатації виробів і конструкцій.

Контроль параметрів матеріалів, які використовуються у життєдіяльності суспільства, має глобальний характер і на його забезпечення спрямовані дослідження багатьох світових наукових організацій і, зокрема, ТС 10 «Technical Diagnostics» IMECO (International Measurement Confederation) – міжнародної організації, яка об'єднує провідних фахівців більш ніж 40 країн світу і, зокрема, України.

Важливість вирішення цієї проблеми саме Україною визначено у Законі України від 09.09.2010 № 2519-VI та відповідній Постанові КМУ «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року» від 07.09.2011 № 942.

На цей час існує багато методів рішення поставленої проблеми. Однак, серед них помітно виділяється електромагнітний метод неруйнівного контролю, як найбільш ефективний при дослідженні характеристик металевих виробів і конструкцій, оскільки він має високу оперативність, продуктивність, швидкодію, багатопараметровість, електричну форму вихідного сигналу і, як правило, слабку залежність від температури, тиску, вологості оточуючого досліджувані об'єкти середовища і забруднення їх поверхні.

Разом з тим, використання традиційного електромагнітного методу неруйнівного контролю трьох і більш параметрів досліджуваного об'єкта потребує використання більшої кількості незалежних рівнянь і, як слід, вимірювання більшої кількості електричних параметрів, що на практиці ускладнюється труднощами, які обумовлені, в першу чергу, необхідністю

синхронізації в часі збуджуючого поля і виділення необхідних вихідних електричних складових з результуючого сигналу перетворювача.

Більш конструктивним у цьому плані є використання електромагнітних перетворювачів із просторово-періодичним неоднорідним магнітним полем, які працюють на одній фіксованій частоті коливань, а багатопараметровий контроль здійснюється за рахунок використання певного числа окремих амплітуд і фаз просторових гармонік поля.

Однак труднощі виділення кожної такої гармоніки з сигналу електромагнітного перетворювача та реалізації відповідних прецизійних вимірювальних і обчислювальних операцій обмежують використання цього вельми перспективного методу на практиці.

Оскільки тема дисертаційної роботи Шібана Тамера і присвячена вирішенню цієї задачі у рамках вище означеної проблеми, – забезпеченню одночасного контролю електричних, магнітних і геометричних параметрів циліндричних виробів на основі розроблення і реалізації методу, заснованого на виділенні і використанні просторових гармонік неоднорідного поля електромагнітного перетворювача, вона безумовно актуальна.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлено тим, що в результаті виконаних теоретичних і експериментальних досліджень поставлена в дисертаційній роботі задача вирішена і, зокрема, отримані наступні нові наукові результати, сформульовані оригінальні висновки та рекомендації:

– вперше

- розроблена і досліджена фізико-математична модель перетворювача з неоднорідним електромагнітним полем, створеним лінійним провідником зі струмом, розташованим вздовж бокової поверхні циліндричного виробу, що дало можливість отримати аналітичні вирази для визначення амплітуд і фаз просторових гармонік індукованого у виробі і поза ним магнітного поля,

- отримані універсальні функції, які пов'язують сигнали такого перетворювача з електромагнітними і геометричними параметрами виробів, що дозволило однозначно вирішувати задачу їх контролю для широкого асортименту електропровідних матеріалів та режимів роботи перетворювача;

– удосконалено багатопараметровий електромагнітний метод безконтактного контролю параметрів матеріалів і виробів за допомогою розроблення методології вимірювання і використання нормованих амплітуд 1-ї, 2-ї і 3-ї просторових гармонік і фази 1-ї гармоніки сигналів ряду

запропонованих перетворювачів, які наводяться в їх вимірювальних обмотках, розташованих уздовж поверхні виробів, що розширило функціональні можливості електромагнітних перетворювачів неруйнівного контролю і забезпечило одночасне вимірювання з нормованими похибками електропровідності, магнітної проникності і радіусу широкого ряду металевих промислових виробів.

До переваг виконаних досліджень треба віднести кваліфіковане використання апарату математичної фізики, поставлення і рішення крайових задач, а також глибокий, репрезентативний (стор. 13 – 35) аналіз існуючих найбільш ефективних методів і засобів електромагнітного контролю параметрів матеріалів і виробів, у тому числі й структурного характеру.

В якості загального недоліку роботи слід відмітити недостатню увагу до метрологічної сторони оформлення виконаних експериментальних досліджень (стор. 56, 97, 103, 108, ...) і, у першу чергу, до висвітлення ступеня їх репрезентативності – доведення інформації про кількість виконаних спостережень, їх середні квадратичні відхили, довірчі границі похибок отриманих результатів і їх достовірність.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлено системним підходом до пошуку рішень задачі розроблення і реалізації запропонованого перетворювача з просторово-періодичним електромагнітним полем для одночасного контролю декількох параметрів циліндричних металевих виробів, коректністю вибору та чітким формулюванням мети, об'єкту та методів досліджень, постановки і вирішення завдань досліджень, проведення експериментів; використанням фундаментальних положень електродинаміки суцільних середовищ, апробованих методів математичної фізики, теорії диференціальних рівнянь.

Достовірність наукових результатів, положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується як результатами виконаних експериментальних досліджень, так і їх широкою науковою апробацією та впровадженням на підприємства України.

Практична цінність отриманих у дисертації результатів полягає в тому, що розроблені в роботі

– електромагнітні перетворювачі з просторово-періодичною структурою збуджуючого магнітного поля здатні вирішити вельми актуальну для електротехнічної галузі задачу контролю електричних, магнітних і геометричних

параметрів циліндричних виробів різного сортаменту і номенклатури,

– методи використовуються при проведенні безконтактного контролю інформативних параметрів дротів повітряних ліній електропередач,

– моделі, підходи до вирішення задач електромагнітного багатопараметрового контролю параметрів різних матеріалів, виробів і конструкцій послужили базою для підготовлених лекційних матеріалів та практичних завдань з курсів «Магнітні вимірювання» та «Магнітометричні системи».

Результати дисертаційної роботи впроваджені у

– ПАТ «Укргідропроєкт» м. Харків,

– навчальний процес на кафедрі «Інформаційно-вимірювальні технології і системи» НТУ «ХПІ» при підготовці фахівців за спеціальністю 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», зокрема, у навчальні курси «Спеціальні засоби вимірювання» і «Прилади контролю та діагностики».

Все це доказує наукову і практичну цінність результатів виконаної дисертаційної роботи.

Доцільно рекомендувати більш широке впровадження отриманих у дисертаційній роботі результатів у

– науково-дослідні, проектно-конструкторські організації та метрологічні центри і лабораторії, які розробляють і використовують засоби вимірювальної техніки параметрів електропровідних матеріалів і виробів з них,

– підприємства енергетики й електропостачальні організації при виконанні робіт з визначення питомих втрат у електричних ланцюгах і діагностиці стану повітряних ліній електропередач,

– заклади вищої освіти, які займаються підготовкою фахівців зі спеціальностей 141 – «Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка» і 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», в плані використання розроблених лекційних матеріалів та практичних завдань.

Повнота викладення основних наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, має місце: за темою дисертації опубліковано 7 статей, 5 з яких – у спеціалізованих виданнях, що входять до Переліку наукових фахових видань України, 2 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Index Copernicus та Scopus, 1 патент України на корисну модель.

Робота пройшла достатню апробацію: її основні наукові положення, висновки та рекомендації доповідалися, обговорювалися та висвітлювалися на 11 міжнародних та українських конференціях, одна з яких – закордонна.

Публікації в повному обсязі відображають основні результати дисертаційної роботи.

Авторська участь здобувача в спільних працях відзначена у Висновку НТУ «ХПІ» – організації, де виконувалася дисертація, з якого слідує, що основні результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані безпосередньо здобувачем.

Зміст дисертаційної роботи відповідає

- паспорту спеціальності 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин,

- як формулі: «Галузь науки і техніки, яка створює досконалі методи і засоби визначення складу речовин, вимірювання, контролю та захисту об'єктів різної фізичної природи»,

- так і напрямам досліджень: «Прилади неруйнівного контролю матеріалів і виробів» і «Дослідження методів збудження аналітичних сигналів шляхом зондування електронами, іонами, іонізуючим випромінюванням, лазерним та електромагнітним випромінюванням»;

- профілю спеціалізованої вченої ради Д 64.050.09.

Автореферат дисертації адекватно відображає основний зміст, положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи.

Разом з тим, незважаючи на в цілому вельми високий рівень виконаних досліджень, дисертаційній роботі притаманні ряд недоліків і, зокрема:

1. Отримані результати експериментальних досліджень (стор. 23 – 30, 56, 96, ...) оцінюються значеннями похибок замість регламентованих довірчих границь, тобто границь їх можливих варіацій при заданій довірчій імовірності.

2. Граничні умови (2.2) – (2.5) у сформульованій крайовій задачі (стор. 41) визначені некоректно: оскільки характеристики магнітного поля вважаються безперервними на поверхнях як виробу (2.2) і (2.3), так і умовного циліндру (2.4), що проходить скрізь провідник зі струмом, то індексу « i » повинні відповідати області $0 \leq r \leq a$, $a \leq r \leq d$ та $d \leq r < \infty$, відповідно (у авторефераті некоректності, які мають місце у роботі, усунено).

3. При введенні «деякого ефективного радіуса» (стор. 43) при отриманні виразів (2.9) і (2.10) для магнітного поля провідника з реальним діаметром,

треба було б трансформувати і граничні умови (2.2) – (2.5), враховуючи радіальний розмір провідника.

4. Напругу магнітного поля (2.7) і (2.8) поза провідника зі струмом визначено некоректно: отримані здобувачем функціонали (2.17), які повинні відображати її залежність від відстані – координати r , від неї не залежать.

5. Оскільки на поверхні провідника зі струмом вектор нормалі $\vec{n}$ співпадає з радіусом r , то, згідно з (2.3), (2.7), (2.13) і (2.15), при $r = a$ повинна виконуватися умова $f_n^{(i)}(a) = f_n^{(m)}(a)$, однак це не так, так як, зокрема, $f_n^{(i)}(a) \neq 0$, а $f_n^{(m)}(a) = 0$, що свідчить про наявність помилок в отриманих виразах для функціоналів (2.13) і (2.15).

6. Твердження здобувача (стор. 62), що «вираз (3.1) при $n \neq pm$ оброщається в нуль» некоректно, тому що цей вираз отриманий і справедливий тільки у припущенні, що $n = pm$.

7. Здобувач стверджує (стор. 66, 67), що «...вплив 7-ї просторової гармоніки на 1-у та 3-ю становить відповідно 0,36 % в 2,7 %. Вплив 7-ї гармоніки на 3-ю можна зменшити до 1 %, якщо прийняти $d/a = 0,4$ ». Однак при цьому ніякої доказової бази або відомостей про раніше проведені здобувачем дослідження, як це мало місце у деяких інших розділах роботи, не наведено, а ці твердження далеко не очевидні.

Аналогічна ситуація має місце (стор. 88, 89) і по відношенню до 2-ї, 4-ї та 8-ї гармонік.

8. Не доведено, на якому підґрунті прирівнюються (стор. 114) параметри x_n і x_0 , які відповідають навантаженому і ненавантаженому виробу, хоча очевидно, що у загальному випадку при механічному навантаженні виробу в ньому змінюється структура кристалічної решітки матеріалу і, як наслідок, μ і σ , які входять до їх визначення (4.14) і (4.15).

9. У роботі мають місце неточності, елементи хибності та помилки, наприклад:

- у (2.7) – (2.10), (2.19), (2.20), не зазначені границі підсумовування,
- вихідні рівняння (2.11) і (2.12) для функціоналів, які визначають компоненти напруженості магнітного поля (2.7) – (2.10) усередині та поза циліндричного виробу, подані у циліндричній а не у декартовій, як доводить здобувач, системі координат,
- у (2.13) співмножник $a/2$ зайвий (у авторефераті його вилучено),
- на рис. 2.3 відсутня нумерація гармонік ЕРС, індукованої у вимірювальних обмотках перетворювача, що розробляється,

- у кутовій координаті $\varphi + (2\pi / m) k$ (стор. 61) показник k має змінюватися не від 1 до 3, як визначає здобувач, а від 1 до $(m - 1)$,
- висновок здобувача (стор. 113, 114), що «Визначення σ_m за формулами (4.12) і (4.13) може бути пов'язане з рядом неврахованих похибок.» незрозумілий,
- у (4.12) і (4.16) замість $B_{\text{нас}}$ і f_0/f_n має бути $B_{\text{нас}}^2$ і $f_0\sigma_n/f_n\sigma_0$, відповідно.

Але, незважаючи на те, що зроблені зауваження декілька знижують, як відмічалось раніше, вельми високу оцінку роботи, можна констатувати, що вони носять непринциповий характер і не стосуються основних положень дисертації, які виносяться на захист.

В цілому, на основі проведеного аналізу дисертаційної роботи Шібан Тамера можна зробити **висновок**, що вона є завершеною науковою працею, яка містить нові науково обгрунтовані теоретичні й експериментальні результати, що у сукупності є вагомим внеском у розвиток методології неруйнівного контролю параметрів електропровідних матеріалів і промислових виробів.

За актуальністю, практичною цінністю, обгрунтованістю результатів виконаних досліджень, кількістю публікацій та ступенем апробації дисертаційна робота Шібан Тамера «Електромагнітний багатопараметровий перетворювач з просторово-періодичним полем для контролю циліндричних виробів» задовольняє вимогам п. 9, 11 – 14 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій, затвердженого постановою КМУ від 24.07.2013 р. № 567 (зі змінами), діючим на сьогодні пунктам Наказів Міністерства освіти і науки, молоді і спорту України «Про опублікування результатів дисертації на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 17.10.2012 №112 та від 03.12.2013 №1380, а її автор Шібан Тамер заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Офіційний опонент

Віце-президент Академії Метрології України,
Заслужений діяч науки і техніки України,
д-р техн. наук, старш. наук. співроб.



В.Б. Большаков

05.09.2019

