



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125124** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01N 27/90** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2017 12770</b>	(72) Винахідник(и): <b>Горкунов Борис Митрофанович (UA), Тищенко Анна Анатоліївна (UA), Львов Сергій Геннадійович (UA), Шібан Тамер (LB)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>22.12.2017</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.04.2018</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2018, Бюл.№ 8</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРОВІДНИХ ВИРОБІВ

### (57) Реферат:

Спосіб безконтактного контролю параметрів циліндричних провідних виробів оснований на збудженні в контрольованому виробі вихрових струмів змінним магнітним полем фіксованої частоти і вимірі амплітуди та фази електрорушійної сили (ЕРС) на вимірювальних обмотках перетворювача. Для одночасного виміру трьох параметрів виробу, уздовж поверхні циліндра, пропускають намагнічувальний струм у провідниках, розташованих діаметрально-протилежно над поверхнею виробу, вимірюють значення ЕРС першої та третьої просторових гармонік магнітних потоків намагнічувальних струмів без виробу. При його наявності на вимірювальних обмотках, розташованих уздовж поверхні циліндра в місцях максимуму просторових гармонік магнітного поля, причому із залежності відношення нормованої амплітуди ЕРС третьої гармоніки до куба нормованої амплітуди ЕРС першої гармоніки від фазового кута цієї ж гармоніки визначають відносну магнітну проникність виробу. Використовуючи залежність фазового кута від узагальненого параметра, визначають останній та знаходять радіус виробу.

UA 125124 U



Запропонована корисна модель належить до засобів неруйнівного електромагнітного контролю та може бути використана для визначення електричних, магнітних і геометричних параметрів електропровідних матеріалів та виробів.

Відомий спосіб безконтактного визначення питомої електричної провідності і відносної магнітної проникності провідних виробів. Спосіб включає збудження вихрових струмів змінним магнітним полем, яке створено намагнічувальною котушкою, зміною частоти магнітного поля таким чином, щоб підтримувати заданий режим випробувань, і вимір електрорушійної сили ЕРС перетворювача без зразка, внесеної ЕРС на фіксованій частоті намагнічувального поля з подальшим визначенням питомої електричної провідності і відносної магнітної проникності [1]. Недоліком цього способу є складність реалізації на практиці, яка пов'язана з побудовою замкнутої системи управління частотою.

Відомий спосіб вимірювання питомого електричного опору, відносної магнітної проникності і радіуса виробу на основі виділення парних просторових гармонік поля. [2]. Цей спосіб контролю є найближчим аналогом до запропонованого способу. Недоліком даного способу є вплив всіх вищих просторових гармонік поля на результат вимірювання, а також складна конструкція намагнічувальної системи.

В основу корисної моделі поставлена задача створити спосіб безконтактного контролю параметрів циліндричних металевих виробів, який дозволяє одночасно визначати три параметри виробу: відносну магнітну проникність  $\mu_r$ , питому електричну провідність  $\sigma$  та радіус а виробу на фіксованій частоті магнітного поля.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб безконтактного контролю параметрів циліндричних металевих виробів, заснований на збудженні в контрольованому виробі вихрових струмів змінним магнітним полем фіксованої частоти і вимірі амплітуди та фази електрорушійної сили (ЕРС) на вимірювальних обмотках перетворювача, згідно з корисною моделлю, для одночасного виміру трьох параметрів виробу, уздовж поверхні циліндра, пропускають намагнічувальний струм у провідниках, розташованих діаметрально-протилежно над поверхнею виробу, вимірюють значення ЕРС першої та третьої просторових гармонік магнітних потоків намагнічувальних струмів без виробу, а також при його наявності на вимірювальних обмотках, розташованих уздовж поверхні циліндра в місцях максимуму просторових гармонік магнітного поля, причому із залежності відношення нормованої амплітуди ЕРС третьої гармоніки до кубу нормованої амплітуди ЕРС першої гармоніки ( $A_3$ ) від фазового кута цієї ж гармоніки визначають відносну магнітну проникність виробу, потім, використовуючи залежність фазового кута від узагальненого параметра ( $x$ ) визначають останній, а далі виходячи з залежності параметра  $K$  та нормованої амплітуди ЕРС першої гармоніки, що включає форм-фактор ( $a/d$ ), від узагальненого параметра, знаходять радіус виробу за формулою:

$$a=A_1d/K, \quad (1)$$

де  $d$  - радіус перетворювача, а далі визначають питому електричну провідність.

На Фіг. 1 наведена конструкція електромагнітного перетворювача та об'єкта контролю 1 з двома намагнічувальними полюсами 2 і 3, у яких протікають протилежно спрямовані струми. Полюси 2 та 3 розташовані на променях при  $\varphi=0$  і  $\varphi=\pi$ . Секції вимірювальних обмоток 4, 5, 6 та 7 мають кутові координати  $(5/6)\pi$ ; 0;  $\pi/6$ ;  $-\pi/6$  відповідно. Перетворювач має технологічне вікно, через яке можна розміщувати всередині робочого об'єму циліндричні вироби, у яких немає вільного доступу до їх кінців.

Наявність двох намагнічувальних полюсів зі струмами протилежних напрямків дають можливість створити багатовиткову намагнічувальну обмотку з лобовими частинами 8.

На Фіг. 2 представлена принципова схема включення електромагнітного перетворювача з двома намагнічувальними полюсами. Схема містить генератор 9, три котушки змінних взаємних індуктивностей 10, 11 та 12, вольтметри 13, 14, фазометр 15. Секція 4 включена послідовно-зустрічно з вторинною обмоткою котушки взаємної індуктивності 11. Секції 6 та 7 з'єднані між собою послідовно-синфазно, а з 5 із вторинною обмоткою 12 - послідовно-протифазно. Вольтметри 13 та 14 вимірюють складові внесених ЕРС 1-й і 3-й гармонік поля, а фазометр 15 - фазу 1-ї просторової гармоніки.

Для визначення електромагнітних та геометричних параметрів циліндричних виробів необхідно мати розраховані значення залежностей нормованих амплітуд третьої ( $A_3$ ) та першої ( $A_1$ ) гармонік від фази сигналу першої гармоніки у вигляді таблиць або графічних залежностей  $A_3/A_1^3=f(\text{tg}\Phi_1)$  (див. Фіг. 3), залежність фази першої гармоніки від узагальненого параметра  $x$

$\text{tg}\Phi_1=f(x)$  (див. Фіг.4) і залежність нормованого параметра  $K=A_1d/a$  від узагальненого параметра  $x$   $K=f(x)$  (див.фіг.5).

Алгоритм визначення параметрів циліндричного виробу наступний: за вимірними значеннями амплітуд першої і третьої гармоніки та фази першої гармоніки, користуючись графіком  $A_3/A_1^3=f(\text{tg}\Phi_1)$  (див. Фіг. 3), на перетині отриманих значень  $A_3/A_1^3$  та  $\text{tg}\Phi_1$  визначаємо величину відносної магнітної проникності  $\mu_r$ , потім, користуючись графіком  $\text{tg}\Phi_1=f(x)$  (див. Фіг.4), для відповідного значення  $\mu_r$  і виміряному значенню  $\text{tg}\Phi_1$  визначаємо узагальнений параметр  $x$ .

Надалі за отриманими значеннями  $\mu_r$  та  $x$  з графічної залежності  $A_1d/a=K=f(x)$  (див. Фіг. 4) знаходимо значення  $K$  з подальшим обчисленням радіусу виробу  $a$  з формули (1). Потім визначаємо питому електропровідність виробу  $\sigma$  з виразу:

$$\sigma = \frac{x^2}{a^2 \mu_r \mu_0 \omega}, \quad (2)$$

де  $\mu_0$  - магнітна постійна ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м);  $\omega$  - циклічна частота.

Технічним результатом є те, що даний спосіб дозволяє виключити вплив парних гармонік на результати вимірювання, а також спростити конструкцію намагнічу вальної системи.

Джерела інформації:

1. Горкунов Б.М., А.В. Кипенский, С.Г. Львов. Электромагнитный преобразователь для контроля напряженно-деформированного состояния узлов оборудования электропривода. - Электромеханичні і енергозберігаючі системи. Тем. вип. "Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика" науково-виробничого журналу - Кременчук: КрНУ, 2012. - Вип. 3/19. - С182-185.

2. B. Gorkunov, A. Tyshchenko, I. Gorkunova, Vu Suan Vuong. Multiparametr electromagnetic sensors for information systems of control and management. - Electrotechnic and computer systems. - Odessa: ONPU. -2015.-M" 19(95).-P. 129-131.

25

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб безконтактного контролю параметрів циліндричних провідних виробів, оснований на збудженні в контрольованому виробі вихрових струмів змінним магнітним полем фіксованої частоти і вимірі амплітуди та фази електрорушійної сили (ЕРС) на вимірювальних обмотках перетворювача, який **відрізняється** тим, що для одночасного виміру трьох параметрів виробу, уздовж поверхні циліндра, пропускають намагнічувальний струм у провідниках, розташованих діаметрально-протилежно над поверхнею виробу, вимірюють значення ЕРС першої та третьої просторових гармонік магнітних потоків намагнічувальних струмів без виробу, а також при його наявності на вимірювальних обмотках, розташованих уздовж поверхні циліндра в місцях максимуму просторових гармонік магнітного поля, причому із залежності відношення нормованої амплітуди ЕРС третьої гармоніки до куба нормованої амплітуди ЕРС першої гармоніки ( $A_1$ ) від фазового кута цієї ж гармоніки визначають відносну магнітну проникність виробу, потім, використовуючи залежність фазового кута від узагальненого параметра ( $x$ ) визначають останній, а далі виходячи з залежності параметра  $K$  та нормованої амплітуди ЕРС першої гармоніки, яка включає форм-фактор ( $a/d$ ), від узагальненого параметра, знаходять радіус виробу за формулою:

$$a=A_1d/K,$$

де  $d$  - радіус перетворювача, а далі визначають питому електричну провідність.

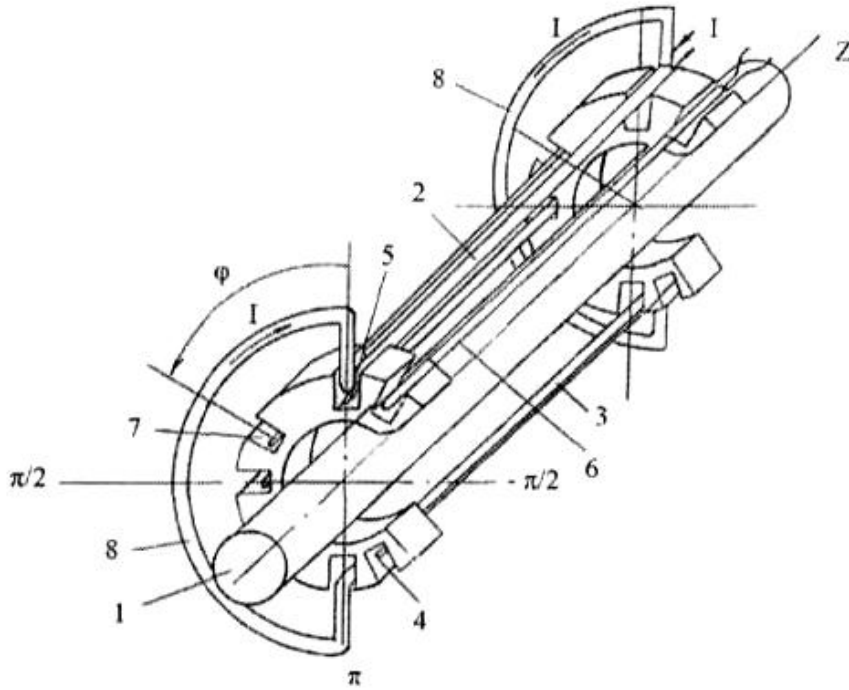


Fig. 1

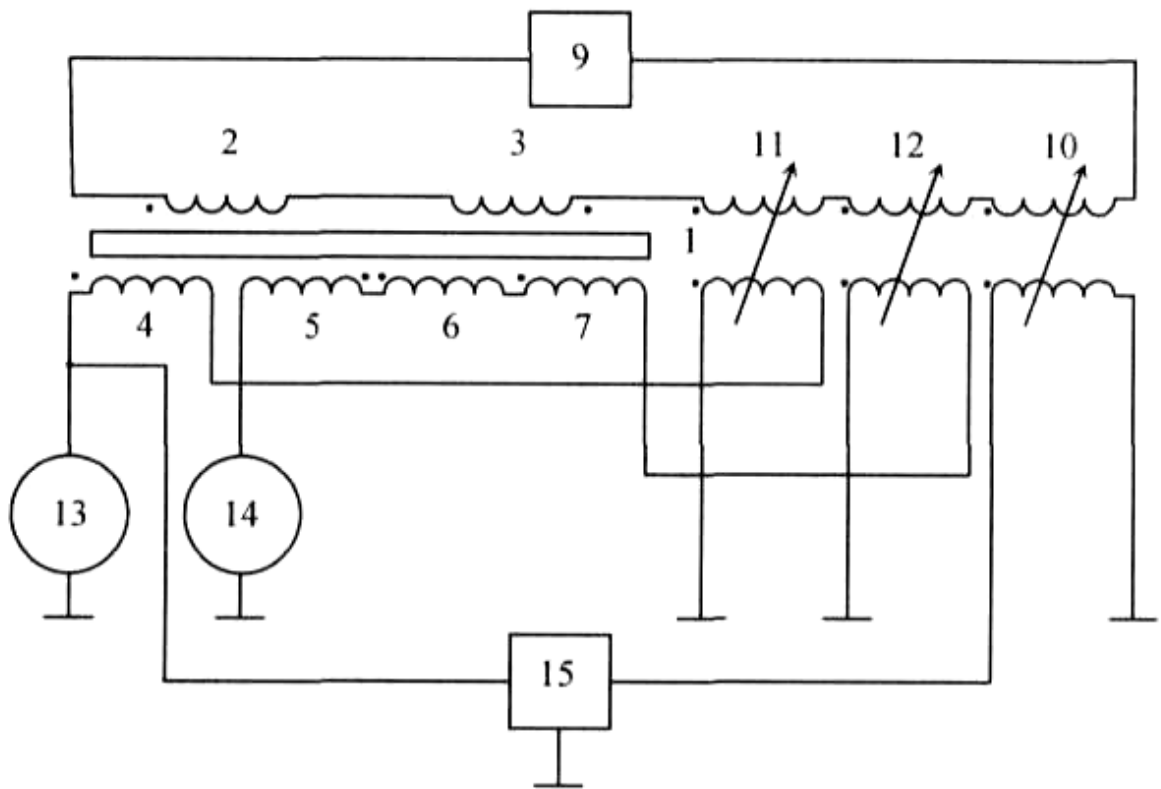


Fig. 2

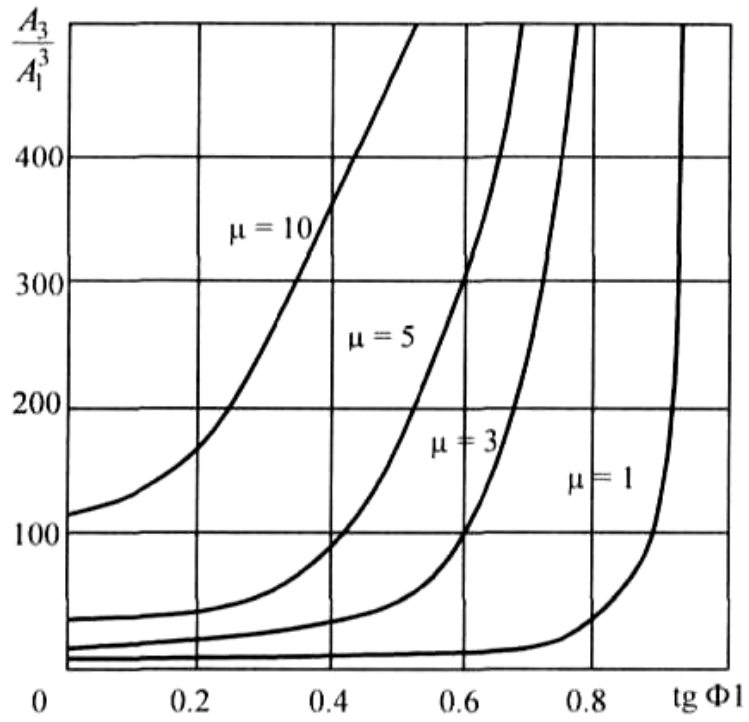


Fig. 3

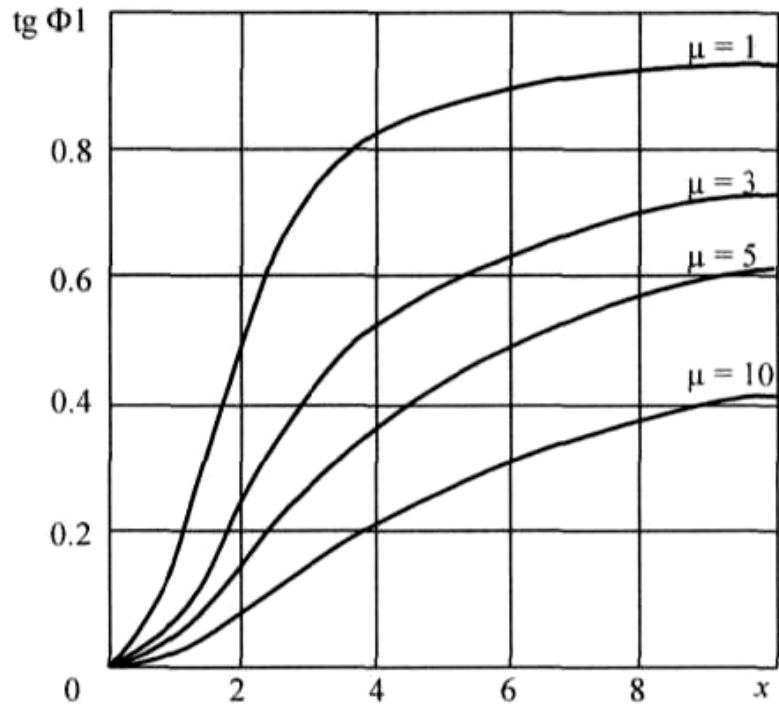
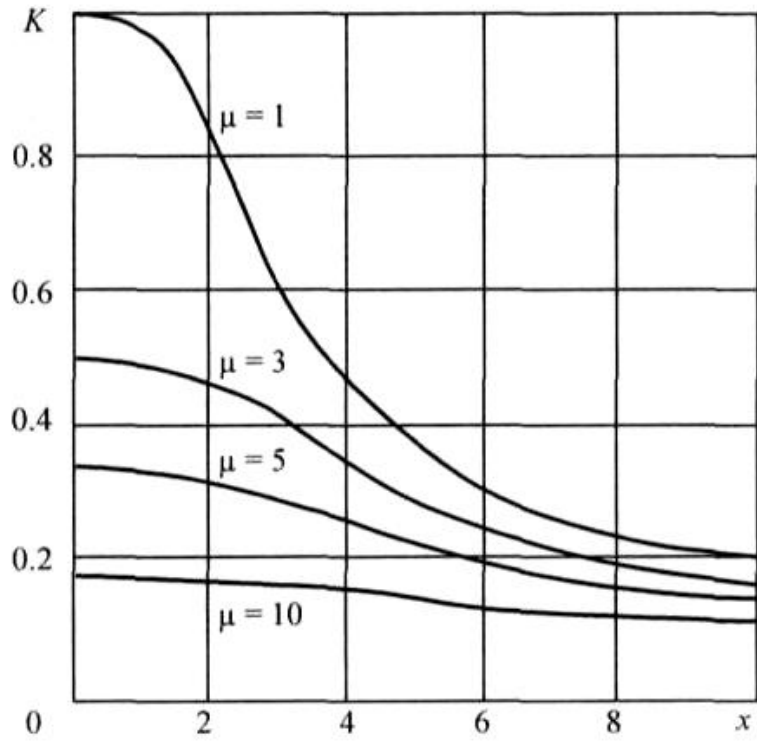


Fig. 4



Фіг. 5

---

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601