



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121538** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01M 1/22** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

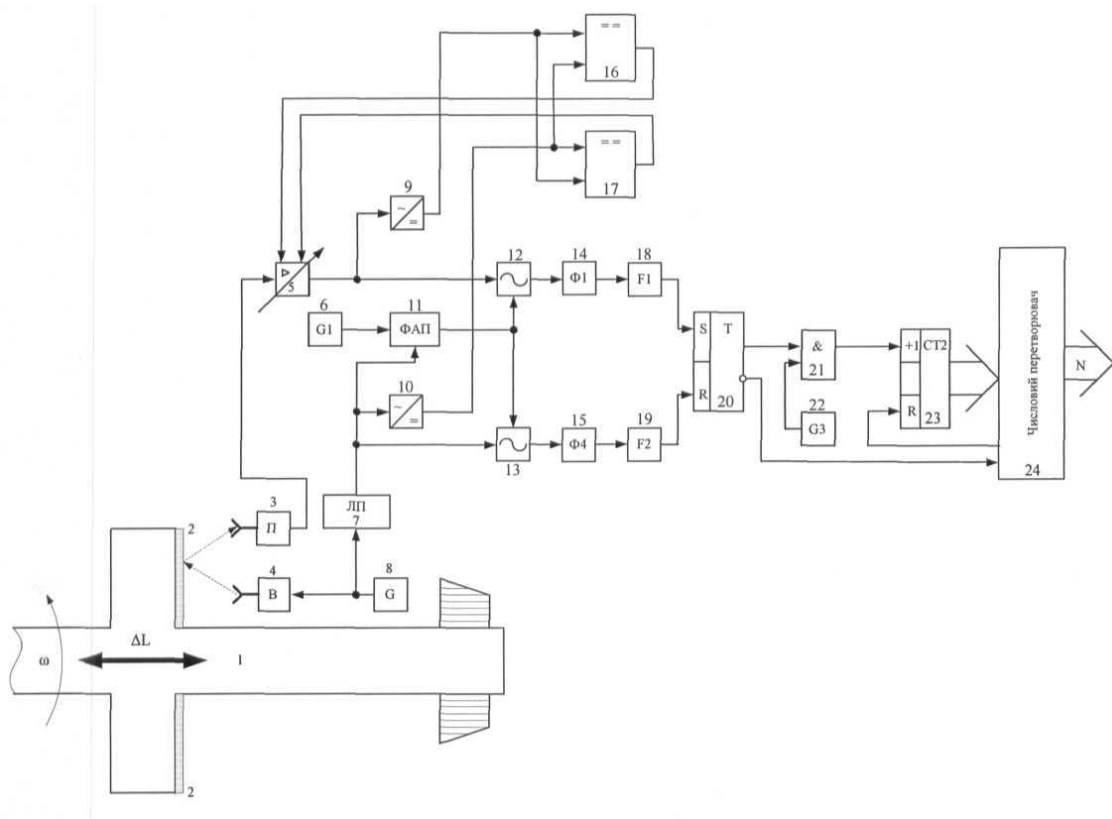
(21) Номер заявки: <b>u 2017 05823</b>	(72) Винахідник(и): <b>Граняк Валерій Федорович (UA), Кухарчук Василь Васильович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>12.06.2017</b>	(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.12.2017</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.12.2017, Бюл.№ 23</b>	

## (54) БЕЗКОНТАКТНИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ОСЬОВОГО БИТТЯ РОТОРА ОБЕРТОВИХ МАШИН

### (57) Реферат:

Безконтактний пристрій вимірювання осьового биття ротора обертових машин містить масштабний перетворювач, фільтр та числовий перетворювач. Як фільтр використаний фільтр верхніх частот. Введено зразковий високочастотний генератор, блок випромінювання електромагнітної хвилі, лінію передачі, відбиваюче покриття, блок приймання електромагнітної хвилі, допоміжний генератор, фазоамплітудний перетворювач, два блоки змішування фаз, другий фільтр верхніх частот, два формувача, RS-тригер, квантуючий генератор, логічний елемент І, двійковий лічильник, два випрямляча та два компаратора. Вихід зразкового високочастотного генератора з'єднаний з входами блока випромінювання електромагнітної хвилі та лінії передачі. Вихід лінії передачі з'єднаний з входом другого випрямляча, другим входом фазоамплітудного перетворювача та першим входом другого блока змішування фаз. Вихід блока приймання електромагнітної хвилі з'єднаний з першим входом масштабного перетворювача. Вихід масштабного перетворювача з'єднаний з входом першого випрямляча та першим входом першого блока змішування фаз. Вихід першого випрямляча з'єднаний з першим входом першого та другим входом другого компараторів, а вихід другого випрямляча з'єднаний з другим входом першого та першим входом другого компараторів. Виходи першого та другого компараторів з'єднані, відповідно, з другим та третім входами масштабного перетворювача. Вихід допоміжного генератора з'єднаний з першим входом фазоамплітудного перетворювача. Вихід фазоамплітудного перетворювача з'єднаний з другими входами першого та другого блоків змішування фаз. Виходи першого та другого блоків змішування фаз відповідно з'єднані з входами першого та другого фільтрів верхніх частот. Виходи першого та другого фільтрів верхніх частот з'єднані відповідно з входами першого та другого формувачів. Виходи першого та другого формувачів з'єднані з першим та другим входом RS-тригера відповідно. Перший вихід RS-тригера з'єднаний з першим входом логічного елемента І, другий вихід RS-тригера з'єднаний з другим входом числового перетворювача. Другий вхід логічного елемента І з'єднаний з виходом квантуючого генератора. Вихід логічного елемента І з'єднаний з першим входом двійкового лічильника. Другий вхід двійкового лічильника з'єднаний з другим виходом числового перетворювача, а вихід двійкового лічильника з'єднаний з першим входом числового перетворювача, перший вихід якого є виходом пристрою вимірювання.

UA 121538 U



Корисна модель належить до вимірювальної техніки та може бути використана для визначення осьового биття ротора електричних машин.

Відомим є пристрій для визначення параметрів коливань ротора, що обертається, описаний в патенті Російської Федерації № 2180435, МПК G01M 1/22, 10.03.2002 р., який складається з 5 котушки, зв'язаного з ротором індуктора та магніту.

Найближчим аналогом є пристрій для вимірювання радіального биття ротора [патент України № 89369, МПК G01M 1/22, опубл. 25.04.2014, бюл. № 8], який містить вал ротора, джерело світла, оптично зв'язане з конденсорною лінзою, яка оптично зв'язана з фокусуною лінзою, мікроконтролер (в подальшому числовий перетворювач), який з'єднаний з індикатором, 10 лінійний фотоприймач, який оптично зв'язаний з фокусною лінзою, вихід якого з'єднаний з фільтром, що з'єднаний із масштабним перетворювачем, який зв'язаний з аналого-цифровим перетворювачем, що з'єднаний з мікроконтролером.

Недоліком даного пристрою є обмежена функціональність, що не дозволяє застосувати його для вимірювання осьового биття ротора електричної машини, а також низька точність 15 вимірювання, яка обумовлена використанням у якості інформаційного сигналу усередненого значення інтенсивності світлового потоку, що є чутливим до зовнішніх неінформативних збурень та не дозволяє здійснювати вимірювання миттєвих значень биття ротора.

В основу корисної моделі поставлена задача, що полягає у створенні безконтактного пристрою вимірювання осьового биття ротора електричної машини, в якому за рахунок 20 введення нових елементів та зв'язків досягається можливість підвищення точності вимірювання, а також вимірювання миттєвого значення биття ротора.

Поставлена задача вирішується тим, що в безконтактному пристрої вимірювання осьового биття ротора обертових машин, який містить масштабний перетворювач, фільтр та числовий перетворювач, згідно з корисною моделлю, як фільтр використаний фільтр верхніх частот, крім 25 того в нього введено зразковий високочастотний генератор, блок випромінювання електромагнітної хвилі, лінію передачі, відбиваюче покриття, блок приймання електромагнітної хвилі, допоміжний генератор, фазоамплітудний перетворювач, два блоки змішування фаз, другий фільтр верхніх частот, два формувача, RS-тригер, квантуючий генератор, логічний елемент І, двійковий лічильник, два випрямляча та два компаратора, причому вихід зразкового 30 високочастотного генератора з'єднаний з входами блоку випромінювання електромагнітної хвилі та лінії передачі, вихід лінії передачі з'єднаний з входом другого випрямляча, другим входом фазоамплітудного перетворювача та першим входом другого блоку змішування фаз, вихід блока приймання електромагнітної хвилі з'єднаний з першим входом масштабного перетворювача, вихід масштабного перетворювача з'єднаний з входом першого випрямляча та 35 першим входом першого блока змішування фаз, вихід першого випрямляча з'єднаний з першим входом першого та другим входом другого компараторів, вихід другого випрямляча з'єднаний з другим входом першого та першим входом другого компараторів, виходи першого та другого компараторів з'єднані, відповідно, з другим та третім входами масштабного перетворювача, вихід допоміжного генератора з'єднаний з першим входом фазоамплітудного перетворювача, 40 вихід фазоамплітудного перетворювача з'єднаний з другими входами першого та другого блоків змішування фаз, виходи першого та другого блоків змішування фаз, відповідно, з'єднані з входами першого та другого фільтрів верхніх частот, виходи першого та другого фільтрів верхніх частот з'єднані відповідно з входами першого та другого формувачів, виходи першого та другого формувачів з'єднані, з першим та другим входом RS-тригера відповідно, а перший вихід RS-тригера з'єднаний з першим входом логічного елемента І, другий вихід RS-тригера з'єднаний з 45 другим входом числового перетворювача, другий вхід логічного елемента І з'єднаний з виходом квантуючого генератора, вихід логічного елемента І з'єднаний з першим входом двійкового лічильника, другий вхід двійкового лічильника з'єднаний з другим виходом числового перетворювача, а вихід двійкового лічильника з'єднаний з першим входом числового перетворювача, перший вихід якого є виходом пристрою вимірювання. 50

На кресленні представлено структурну схему пристрою.

Пристрій містить зразковий високочастотний генератор 8, вихід якого з'єднаний з входами блока випромінювання електромагнітної хвилі 4 та лінії передачі 7, вихід лінії передачі 7 з'єднаний з входом другого випрямляча 10, другим входом фазоамплітудного перетворювача 55 11 та першим входом другого блока змішування фаз 13, вихід блока приймання електромагнітної хвилі 3 з'єднаний з першим входом масштабного перетворювача 5, вихід масштабного перетворювача 5 з'єднаний з входом першого випрямляча 9 та першим входом першого блока змішування фаз 12, вихід першого випрямляча 9 з'єднаний з першим входом першого 16 та другим входом другого 17 компараторів, вихід другого випрямляча 10 з'єднаний з 60 другим входом першого 16 та першим входом другого 17 компараторів, виходи першого 16 та

другого 17 компараторів з'єднані відповідно з другим та третім входами масштабного перетворювача 5, вихід допоміжного генератора 6 з'єднаний з першим входом фазоамплітудного перетворювача 11, вихід фазоамплітудного перетворювача 11 з'єднаний з другими входами першого 12 та другого 13 блоків змішування фаз, виходи першого 12 та другого 13 блоків змішування фаз відповідно з'єднані з входами першого 14 та другого 15 фільтрів верхніх частот, виходи першого 14 та другого 15 фільтрів верхніх частот з'єднані відповідно з входами першого 18 та другого 19 формувачів, виходи першого 18 та другого 19 формувачів з'єднані з першим та другим входом RS-тригера 20 відповідно, а перший вихід RS-тригера 20 з'єднаний з першим входом логічного елемента І 21, другий вихід RS-тригера 20 з'єднаний з другим входом числового перетворювача 24, другий вхід логічного елемента І 21 з'єднаний з виходом квантуючого генератора 22, вихід логічного елемента І 21 з'єднаний з першим входом двійкового лічильника 23, другий вхід двійкового лічильника 23 з'єднаний з другим виходом числового перетворювача 24, а вихід двійкового лічильника 23 з'єднаний з першим входом числового перетворювача 24, перший вихід числового перетворювача 24 являється виходом безконтактного пристрою вимірювання осьового биття ротора електричної машини. Положенням "1" позначений вал ротора з нанесеним на його лобовому виступі відбиваючим покриттям 2.

Пристрій працює наступним чином.

З зразковий високочастотний генератор 8 на вхід блока випромінювання електромагнітної хвилі 4 подається сигнал заданої довжини електромагнітної хвилі. З виходу блока випромінювання електромагнітної хвилі 4 відбувається напрямлене випромінювання отриманої від зразкового високочастотного генератора 8 хвилі у бік лобового виступу вала ротора 1, на якому нанесене відбиваюче покриття 2. Досягнувши відбиваючого покриття 2, хвиля, що була випромінена з виходу блока випромінювання електромагнітної хвилі 4 відбивається у бік блока приймання електромагнітної хвилі 3. При цьому залежно від величини і знака осьового зміщення лобового виступу вала ротора 1 змінюється відстань між ним та блоками випромінювання 4 та приймання 3 електромагнітної хвилі. При цьому сигнал, що надходить на вхід блока приймання електромагнітної хвилі 3, зазнає фазового зміщення, значення якого перебуває у функціональній залежності з осьовим зміщенням лобового виступу вала ротора 1. З виходу блока приймання електромагнітної хвилі 3 прийнятий сигнал передається на вхід масштабного перетворювача 5, де відбувається стабілізація його амплітуди. Одночасно з описаним процесом сигнал з виходу високочастотного генератора 8 подається на вхід лінії передачі 7, де відбувається його фазове зміщення на величину, що відповідає нульовому зміщенню зміщення лобового виступу вала ротора 1. З виходів масштабного перетворювача 5 та лінії передачі 7 сигнали надходять відповідно на входи першого 12 та другого 13 блоків змішування фази. У першому 12 та другому 13 блоці змішування фаз відбувається накладання сигналів з виходу масштабного перетворювача 5 та виходу лінії передачі 7 з хвилею, що генерується допоміжним генератором 6, сигнали якого за фазою збігаються з сигналом з виходу лінії передачі 7. У результаті процедури накладання двох хвиль у першому 12 та другому 13 блоках змішування фаз на їх виходах з'являється складний сигнал, частота першої гармоніки якого дорівнює:

$$f_{np} = f_{др} - f_r,$$

де  $f_{np}$  - частота першої гармоніки вихідного сигналу;

$f_{др}$  - частота сигналу допоміжного високочастотного генератора;

$f_r$  - частота сигналу зразкового високочастотного генератора.

З виходу першого 12 та другого 13 блоків змішування фаз сигнал надходить на входи першого 14 та другого 15 фільтрів верхніх частот. У першому 14 та другому 15 фільтрах верхніх частот здійснюється відфільтровування вищих гармонік складних сигналів, що надходять з виходів першого 12 та другого 13 блоків змішування фаз, тобто на входи першого 18 та другого 19 формувачів надходять сигнали, що містять у собі лише одну першу гармоніку та зсунуті за фазою на електричний кут  $\Delta\varphi$ , яка функціонально пов'язана з осьовим зміщенням ротора. При переході цих сигналів через нуль з додатною першою похідною на виході першого 18 та другого 19 формувачів відповідно з'являється короткий одиничний сигнал, що подається на перший (set) та другий (reset) входи RS-тригера 20. При подачі одиничного сигналу на перший (set) вхід RS-тригера 20 відбувається його встановлення. При цьому на його прямому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який "відкриває" логічний елемент І 21, а на його реверсному виході з'являється сигнал логічного нуля, що є сигналом заборони зчитування вихідної інформації, оскільки процес вимірювального перетворення є таким, що не закінчився. При подачі ж одиничного сигналу на другий (reset) вхід RS-тригера 20 відбувається його занулення. При цьому на його прямому виході з'являється сигнал логічного нуля, який "закриває" логічний

елемент I 21, а на його реверсному виході з'являється сигнал логічної одиниці, що є сигналом дозволу зчитування вихідної інформації, оскільки процес вимірювального перетворення є таким, що закінчився.

5 При подачі сигналу логічної одиниці на перший вхід логічного елемента I 21, на перший вхід двійкового лічильника 23 надходять імпульси, що генеруються квантуючим генератором 22. З надходженням кожного наступного імпульсу на перший вхід двійкового лічильника 23 його вихідний код збільшується на "1". Після "закривання" логічного елемента I 21 код з виходу двійкового лічильника 23 зчитується через перший вхід числовим перетворювачем 24, після чого на другому виході числового перетворювача 24 з'являється короткий одиничний імпульс, який, надходячи на другий вхід двійкового лічильника 23, здійснює занулення вихідного коду останнього.

10 У числовому перетворювачі 24 здійснюється розрахунок значення осьового зміщення ротора на основі відомого рівняння перетворення та значення, зчитаного з виходу двійкового лічильника 23, після чого на першому виході числового перетворювача 24 з'являється сигнал, що пропорційний поточному значенню осьового зміщення ротора.

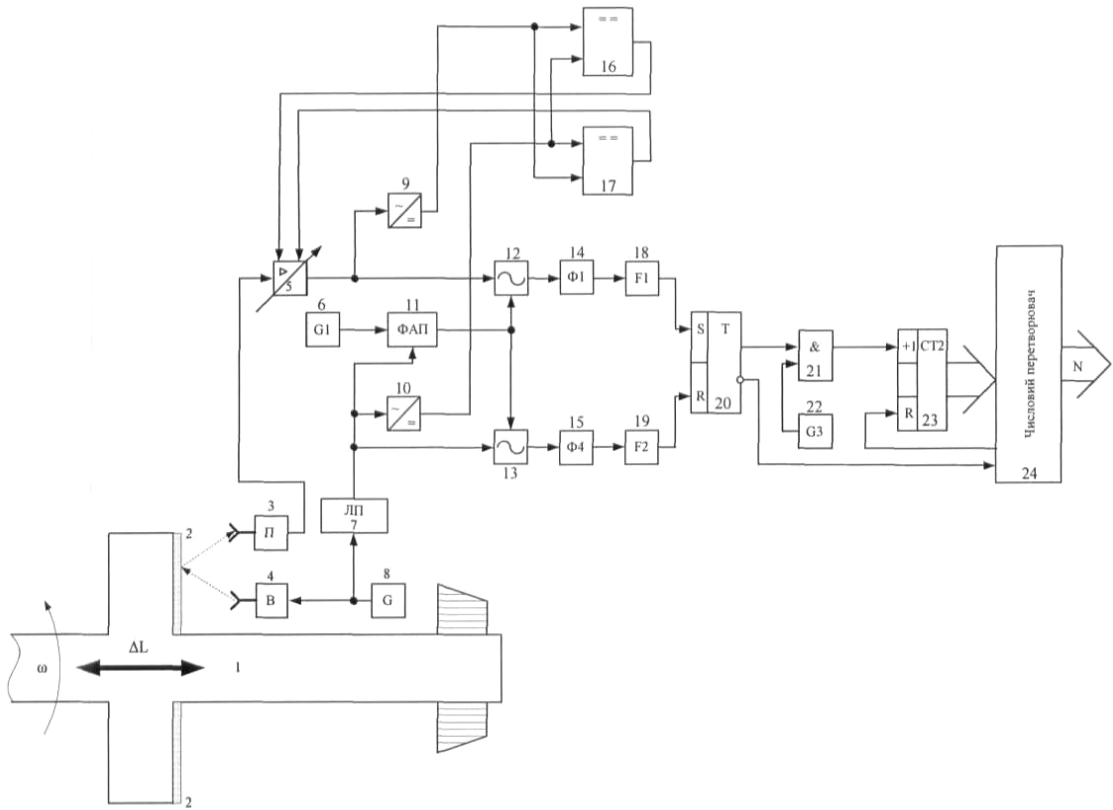
15 Стабілізація амплітуди сигналу з виходу масштабного перетворювача 5 забезпечується шляхом порівняння сигналів з виходу першого 9 та другого 10 випрямлячів, що здійснюється першим 16 та другим 18 компараторами, на виходах яких формуються управляючі сигнали, що надходять на другий та третій входи масштабного перетворювача 5. Залежно від того, з виходу якого компаратора на входи масштабного перетворювача 5 надходить сигнал логічної одиниці, його коефіцієнт підсилення може збільшуватися або зменшуватися. Якщо з виходів обох компараторів 16, 17 надходять сигнали логічних нулів (сигнали з виходів першого 9 та другого 10 випрямлячів є рівними), то коефіцієнт пропорційності масштабного перетворювача 5 залишається незмінним.

25

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

30 Безконтактний пристрій вимірювання осьового биття ротора обертових машин, який містить масштабний перетворювач, фільтр та числовий перетворювач, який **відрізняється** тим, що як фільтр використаний фільтр верхніх частот, крім того в нього введено зразковий високочастотний генератор, блок випромінювання електромагнітної хвилі, лінію передачі, відбиваюче покриття, блок приймання електромагнітної хвилі, допоміжний генератор, фазоамплітудний перетворювач, два блоки змішування фаз, другий фільтр верхніх частот, два формувача, RS-тригер, квантуючий генератор, логічний елемент I, двійковий лічильник, два випрямляча та два компаратора, причому вихід зразкового високочастотного генератора з'єднаний з входами блока випромінювання електромагнітної хвилі та лінії передачі, вихід лінії передачі з'єднаний з входом другого випрямляча, другим входом фазоамплітудного перетворювача та першим входом другого блока змішування фаз, вихід блока приймання електромагнітної хвилі з'єднаний з першим входом масштабного перетворювача, вихід масштабного перетворювача з'єднаний з входом першого випрямляча та першим входом першого блока змішування фаз, вихід першого випрямляча з'єднаний з першим входом першого та другим входом другого компараторів, вихід другого випрямляча з'єднаний з другим входом першого та першим входом другого компараторів, виходи першого та другого компараторів з'єднані відповідно з другим та третім входами масштабного перетворювача, вихід допоміжного генератора з'єднаний з першим входом фазоамплітудного перетворювача, вихід фазоамплітудного перетворювача з'єднаний з другими входами першого та другого блоків змішування фаз, виходи першого та другого блоків змішування фаз відповідно з'єднані з входами першого та другого фільтрів верхніх частот, виходи першого та другого фільтрів верхніх частот з'єднані відповідно з входами першого та другого формувачів, виходи першого та другого формувачів з'єднані з першим та другим входом RS-тригера відповідно, а перший вихід RS-тригера з'єднаний з першим входом логічного елемента I, другий вихід RS-тригера з'єднаний з другим входом числового перетворювача, другий вхід логічного елемента I з'єднаний з виходом квантуючого генератора, вихід логічного елемента I з'єднаний з першим входом двійкового лічильника, другий вхід двійкового лічильника з'єднаний з другим виходом числового перетворювача, а вихід двійкового лічильника з'єднаний з першим входом числового перетворювача, перший вихід якого є виходом пристрою вимірювання.

55



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