



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **126873** (13) **C2**
(51) МПК

G01B 7/14 (2006.01)

G01R 27/26 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2020 05278</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.08.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 16.02.2023</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 16.02.2022, Бюл.№ 7</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 15.02.2023, Бюл.№ 7</p>	<p>(72) Винахідник(и): Граняк Валерій Федорович (UA), Кухарчук Василь Васильович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 126111 U, 11.06.2018 UA 121701 C2, 10.07.2020 UA 139681 U, 10.01.2020 US 5513539 A, 07.05.1996 CA 2882451 A1, 19.08.2015 EP 1334328 A2, 13.08.2003 SE 466879 B, 13.04.1992</p>
--	--

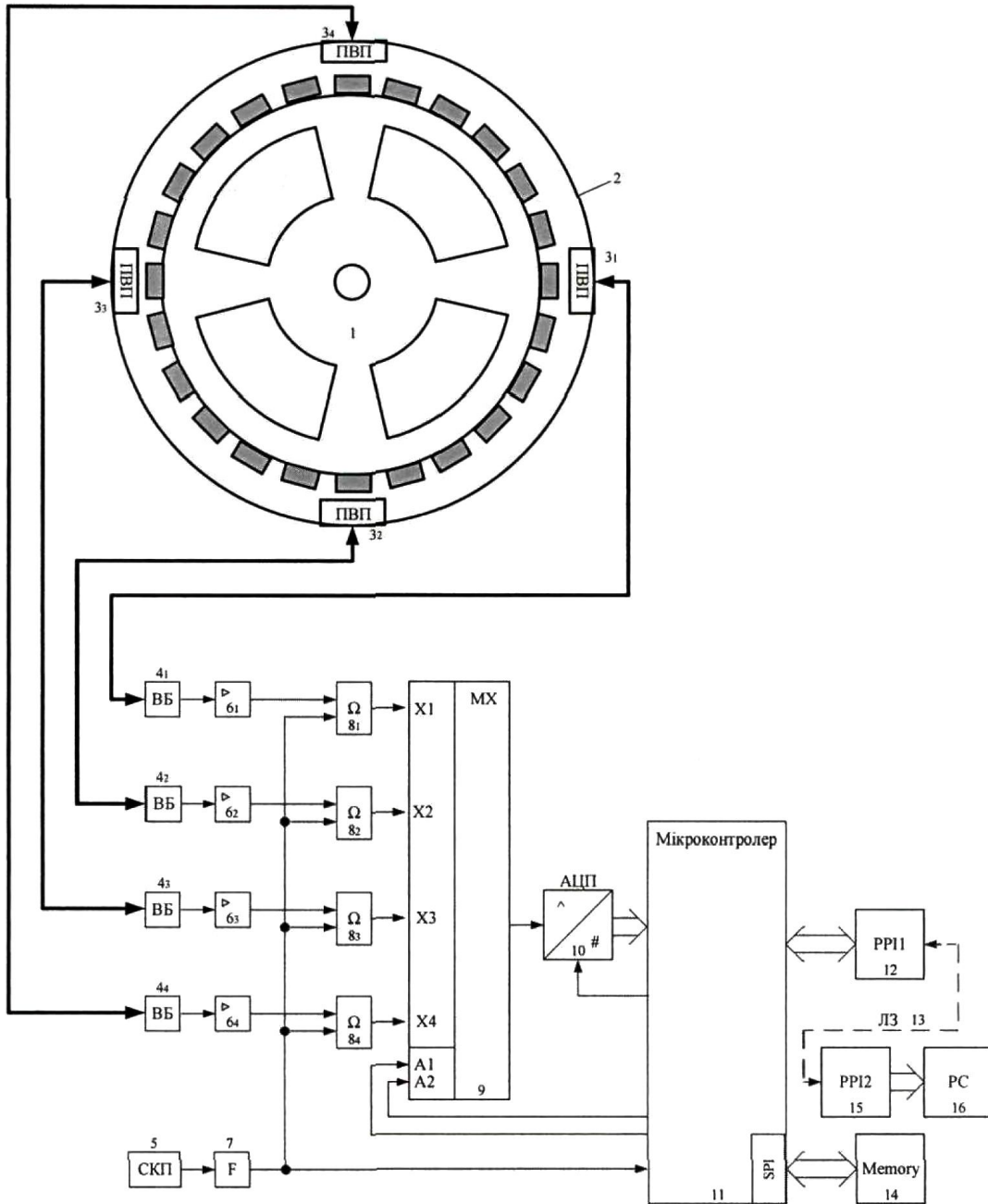
(54) СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНОГО ЗАЗОРУ МІЖ РОТОРОМ ТА СТАТОРОМ ГІДРОАГРЕГАТИВ ГЕС ТА ГАЕС

(57) Реферат:

Винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання і контролю величини повітряного зазору між ротором та статором гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС у процесі їхньої експлуатації, а також як складова частина системи діагностування їх технічного стану. Система для вимірювання і контролю повітряного зазору між ротором та статором гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС містить сенсор кутового положення, блок аналогової пам'яті, формувач, аналого-цифровий перетворювач та мікроконтролер. Введено чотири вимірювальні канали повітряного зазору, кожен з яких містить первинний вимірювальний перетворювач, який просторово розміщений таким чином, що первинні вимірювальні перетворювачі інших вимірювальних каналів зміщені відносно нього на кут 90, 180 та 270 градусів, вимірювальний блок, нормуючий підсилювач та блок аналогової пам'яті. Причому вхід-вихід первинного вимірювального перетворювача з'єднаний з входом-виходом вимірювального блока. Вихід вимірювального блока з'єднаний з входом нормуючого підсилювача, а вихід нормуючого підсилювача з'єднаний з першим входом блока аналогової пам'яті. Також система містить мультиплексор, перший та другий пристрої перетворення інтерфейсу, лінію зв'язку, зовнішню пам'ять та сервер. Причому виходи блоків аналогової пам'яті кожного вимірювального каналу повітряного зазору з'єднані з відповідним інформаційним входом мультиплексора. Два адресні входи мультиплексора з'єднані з другим та третім виходами мікроконтролера. Вихід мультиплексора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача, а другий вхід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з першим виходом мікроконтролера. Вихід формувача з'єднаний з другими входами блоків аналогової пам'яті кожного з вимірювальних каналів повітряного зазору. Другий вхід-вихід мікроконтролера з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті. Перший вхід-вихід мікроконтролера з'єднаний з першим входом-виходом першого пристрою перетворення інтерфейсу. Другий вхід-вихід першого пристрою

UA 126873 C2

перетворення інтерфейсу через лінію зв'язку з'єднаний з першим входом-виходом другого пристрою перетворення інтерфейсу. Другий вхід-вихід другого пристрою перетворення інтерфейсу з'єднаний з входом-виходом сервера. Технічний результат: забезпечується підвищена функціональність та інформативність, і, як наслідок, підвищена вірогідність контролю технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС.



Винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання і контролю величини повітряного зазору між ротором та статором гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС у процесі їхньої експлуатації, а також як складова частина системи діагностування їх технічного стану.

5 Відомий пристрій вимірювання повітряного зазору в гідрогенераторах (описаний у Алексеев Б. А. Определение состояния (диагностика) крупных гидрогенераторов М.: Научно учебный центр ЭМАС, 1998. - 144 с.). Пристрій включає оптичний датчик, що встановлений на статорі, світловідбиваючі смужки, що встановлені на роторі, та вимірювальний блок. При зміні величини зазору змінюється довжина шляху, який проходить світло від двох сусідніх смужок та вимірюються відповідні часові інтервали. Отримані результати обробляються у вимірювальному блоці і формується вихідний сигнал, пропорційний величині зазору.

10 До недоліків пристрою належить велика складність, висока вартість виготовлення та монтажу на гідрогенераторі, а також відсутність можливості одночасного вимірювання повітряного зазору у просторово рознесених (протилежних) точках та синхронізації вимірювання з кутовим положенням ротора, що унеможлиблює системний аналіз технічного стану опорних вузлів кріплення ротора.

15 Відомий також пристрій для реалізації способу для вимірювання повітряного зазору між статором і ротором і відрогенераторі (патент України № 86524, опубл. 2009 р.). Пристрій містить ємнісний датчик з "передавальним", екрануючим та заземленим електродами, а також вимірювальний блок. Через електричну ємність, утворену "передавальним" електродом, полюсом ротора і корпусами електричної машини та приладу проходить електричний струм. При цьому величина ємнісного опору лінійно зв'язана з величиною зазору. Вимірювальний блок перетворює величину ємнісного опору в електричний сигнал $U_{вих}$, пропорційний величині зазору. Заземлений електрод та екрануючий електроди слугують для захисту від викривлення електричного поля в зазорі та наводок.

20 Недоліком даного пристрою є також відсутність можливості одночасного вимірювання повітряного зазору у просторово рознесених (протилежних) точках повітряного зазору та синхронізації вимірювання з кутовим положенням ротора, що унеможлиблює системний аналіз технічного стану опорних вузлів кріплення ротора.

30 Найбільш близьким по технічній суті до запропонованого винаходу є оптичний засіб вимірювання повітряного зазору між ротором та статором гідроагрегату (патент України на корисну модель № 126111, м. кл. G01B 7/14, опубл. 2018 р., б. № 14). Пристрій містить випромінювач, приймач, два диференціатори, сенсор кутового положення, два компаратори, блок аналогової пам'яті, формувач, аналого-цифровий перетворювач, логічний елемент "І" та мікроконтролер, причому вихід приймача з'єднаний з входом першого диференціатора та першим входом блока аналогової пам'яті, вихід першого диференціатора з'єднаний з входом другого диференціатора та першими входами першого та другого компараторів, другий вхід першого компаратора з'єднаний з "землею", вихід другого диференціатора з'єднаний з другим входом другого компараторів, виходи першого та другого компараторів з'єднані, відповідно, з першим та другим входами логічного елемента "І", вихід логічного елемента "І" з'єднаний з другим входом блока аналогової пам'яті та другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід блока аналогової пам'яті з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача, а вихід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з першим входом мікроконтролера, вихід сенсора кутового положення з'єднаний з входом формувача, а вихід формувача з'єднаний з другим входом мікроконтролера, вихід мікроконтролера є виходом пристрою.

45 Недоліком пристрою є відсутність можливості одночасного вимірювання повітряного зазору у просторово рознесених (протилежних) точках, що суттєво погіршує можливість системного аналізу вимірювальної інформації.

50 В основу винаходу поставлено задачу створення системи для вимірювання і контролю повітряного зазору між ротором та статором гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС, в якій за рахунок введення нових елементів, зв'язків та програмних ланок обробки вимірюваних параметрів забезпечується підвищена функціональність та інформативність, і, як наслідок, підвищена вірогідність контролю технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС.

55 Поставлена задача вирішується тим, що в системі для вимірювання і контролю повітряного зазору між ротором та статором гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС міститься чотири вимірювальні канали повітряного зазору, кожен з яких містить первинний вимірювальний перетворювач, який просторово розміщений таким чином, що первинні вимірювальні перетворювачі інших вимірювальних каналів зміщені відносно нього на кут 90, 180 та 270 градусів, вимірювальний блок, нормуючий підсилювач та блок аналогової пам'яті, причому вхід-вихід первинного вимірювального перетворювача з'єднаний з входом-виходом вимірювального блока, вихід

вимірювального блока з'єднаний з входом нормуючого підсилювача, а вихід нормуючого підсилювача з'єднаний з першим входом блока аналогової пам'яті, також пристрій містить сенсор кутового положення, формувач, аналого-цифровий перетворювач, мікроконтролер, мультиплексор, перший та другий пристрої перетворення інтерфейсу, лінію зв'язку, зовнішню пам'ять та сервер, причому виходи блоків аналогової пам'яті кожного вимірювального каналу повітряного зазору з'єднані з відповідним інформаційним входом мультиплексора, два адресні входи мультиплексора з'єднані з другим та третім виходами мікроконтролера, вихід мультиплексора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача, а другий вхід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з першим виходом мікроконтролера, вихід сенсора кутового положення з'єднаний з входом формувача, який виходом з'єднаний з другим входом мікроконтролера, також вихід формувача з'єднаний з другими входами блоків аналогової пам'яті кожного з вимірювальних каналів повітряного зазору, другий вхід-вихід SPI мікроконтролера з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті, перший вхід-вихід мікроконтролера з'єднаний з першим входом-виходом першого пристрою перетворення інтерфейсу, другий вхід-вихід першого пристрою перетворення інтерфейсу через лінію зв'язку з'єднаний з першим входом-виходом другого пристрою перетворення інтерфейсу, другий вхід-вихід другого пристрою перетворення інтерфейсу з'єднаний з входом-виходом сервера.

На кресленні представлено структурну схему пристрою, на якій: 1 - ротор гідроагрегата; 2 - статор гідроагрегата; 3₁-3₄ - первинні вимірювальні перетворювачі; 4₁-4₄ - вимірювальні блоки; 5 - сенсор кутового положення; 6₁-6₄ - нормуючі підсилювачі; 7 - формувач; 8₁-8₄ - блоки аналогової пам'яті; 9 - мультиплексор; 10 - аналого-цифровий перетворювач; 11 - мікроконтролер; 12 - перший пристрій перетворення інтерфейсу; 13 - лінія зв'язку; 14 - зовнішня пам'ять; 15 - другий пристрій перетворення інтерфейсу; 16 - сервер.

Пристрій містить чотири вимірювальні канали повітряного зазору, кожен з яких містить первинний вимірювальний перетворювач 3₁-3₄, який просторово розміщений таким чином, що первинні вимірювальні перетворювачі інших вимірювальних каналів зміщені відносно нього на кут 90, 180 та 270 градусів, вимірювальний блок 4₁-4₄, нормуючий підсилювач 6₁-6₄, та блок аналогової пам'яті 8₁-8₄, причому вхід-вихід первинного вимірювального перетворювача 3₁-3₄ з'єднаний з входом-виходом вимірювального блока 4₁-4₄, вихід вимірювального блока 4₁-4₄ з'єднаний з входом нормуючого підсилювача 6₁-6₄, а вихід нормуючого підсилювача 6₁-6₄ з'єднаний з першим входом блока аналогової пам'яті 8₁-8₄, також пристрій містить сенсор кутового положення 5, формувач 7, аналого-цифровий перетворювач 10, мікроконтролер 11, мультиплексор 9, перший 12 та другий 15 пристрої перетворення інтерфейсу, лінію зв'язку 13, зовнішню пам'ять 14 та сервер 16, причому виходи блоків аналогової пам'яті 8₁-8₄ кожного вимірювального каналу повітряного зазору з'єднані з відповідним інформаційним входом мультиплексора 9, два адресні входи мультиплексора 9 з'єднані з другим та третім виходами мікроконтролера 11, вихід мультиплексора 9 з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача 10, а другий вхід аналого-цифрового перетворювача 10 з'єднаний з першим виходом мікроконтролера 11, вихід аналого-цифрового перетворювача 10 з'єднаний з першим входом мікроконтролера 10, вихід сенсора кутового положення 5 з'єднаний з входом формувача 7, який виходом з'єднаний з другим входом мікроконтролера 11, також вихід формувача 7 з'єднаний з другими входами блоків аналогової пам'яті 8₁-8₄ кожного з вимірювального каналу повітряного зазору, другий вхід-вихід SPI мікроконтролера 11 з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті 14, перший вхід-вихід мікроконтролера 11 з'єднаний з першим входом-виходом першого пристрою перетворення інтерфейсу 12, другий вхід-вихід першого пристрою перетворення інтерфейсу 12 через лінію зв'язку 13 з'єднаний з першим входом-виходом другого пристрою перетворення інтерфейсу 15, другий вхід-вихід другого пристрою перетворення інтерфейсу 15 з'єднаний з входом-виходом сервера 16.

Пристрій працює наступним чином.

Чотири первинні вимірювальні перетворювачі 3₁-3₄, які отримують живлення від вимірювальних блоків 4₁-4₄ та зорієнтовані таким чином, щоб вимірювати значення повітряного зазору між ротором 1 та статором 2 гідроагрегата зі зміщення у 90 градусів, здійснюють первинне вимірювальне перетворення величини повітряного зазору у деяку електричну величину, яка у вимірювальних блоках 4₁-4₄ додатково перетворюється у рівень постійної напруги, значення якої підсилюється до значення, придатного для роботи системи у чотирьох нормуючих підсилювачах 6₁-6₄. Сигнали з виходів чотирьох нормуючих підсилювачах 6₁-6₄ надходять на входи чотирьох елементів аналогової пам'яті 8₁-8₄ відповідно, де запам'ятовують у момент надходження з виходу формувача 7 одиничного сигналу, що відповідає повороту ротора електричної машини на визначений кут α . Цей же сигнал логічної одиниці з виходу

формувача 7 надходить на другий вхід мікроконтролера 11 та служить сигналом початку операції вимірювального перетворення. Після цього на другому та третьому виході мікроконтролера 11 формується адресний сигнал, що відповідає першому інформаційному входу мультиплектора 9, що призводить до встановлення сигналу з його першого входу на його виході. Тоді на першому виході мікроконтролера 11 формується сигнал запуску аналого-цифрового перетворення, що надходить на другий вхід аналого-цифрового перетворювача 10, на перший вхід якого надходить сигнал з виходу мультиплектора 9, результат аналого-цифрового перетворення зчитується з виходу аналого-цифрового перетворювача 10 через перший вхід мікроконтролера 11. Після цього на другому та третьому виході мікроконтролера 11 формується адреса наступного інформаційного входу мультиплектора 9. Решта операцій повторюється циклічно, доки не буде отримано цифрове значення сигналу на усіх входах мультиплектора 9, що відповідають рівням віброприскорення величина повітряного зазору між ротором 1 та статором 2 у всіх чотирьох досліджуваних точках. Після завершення цих операцій вимірювальна система переходить у режим очікування наступного одиночного імпульсу з виходу формувача 7, а після його отримання операції повторюються циклічно.

На виході сенсора кутового положення 5 формується сигнал при повороті ротора електричної машини на заданий кут α , який надходить на вхід формувача 7. У формувачі 7 цей сигнал перетворюється у сигнал логічної одиниці та надходить, окрім других входів елементів аналогової пам'яті 8₁-8₄, на другий вхід мікроконтролера 11. При повороті ротора електричної машини на кут 360 градусів (повний оберт) на виході сенсора кутового положення 5 формується сигнал подовженої тривалості, що у формувачі перетворюється на подовжений сигнал логічної одиниці, який слугує для мікроконтролера 11 маркером початку нового обороту ротора, що використовується для перевірки поточного кута положення ротора 1.

Виміряні значення величини повітряного зазору між ротором 1 та статором 2 гідроагрегата для кожного з визначених кутових положень ротора 1 передається через перший 12 та другий 14 пристрої перетворення інтерфейсу та лінію зв'язку 14 на сервер 16, де здійснюється аналіз вимірювальної інформації, а також їх індикація і прийняття рішення про відповідність чи не відповідність технічного стану гідроагрегату гранично допустимим умовам.

Зовнішня пам'ять 14 застосовується для проміжного зберігання отриманих числових значень, пропорційних виміряним величинам, та, при потребі, програмного коду роботи мікроконтролера 11.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Система для вимірювання і контролю повітряного зазору між ротором та статором гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС, яка містить сенсор кутового положення, блок аналогової пам'яті, формувач, аналого-цифровий перетворювач та мікроконтролер, причому вихід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з першим входом мікроконтролера, вихід сенсора кутового положення з'єднаний з входом формувача, який виходом з'єднаний з другим входом мікроконтролера, яка **відрізняється** тим, що введено чотири вимірювальні канали повітряного зазору, кожен з яких містить первинний вимірювальний перетворювач, який просторово розміщений таким чином, що первинні вимірювальні перетворювачі інших вимірювальних каналів зміщені відносно нього на кут 90, 180 та 270 градусів, вимірювальний блок, нормуючий підсилювач та блок аналогової пам'яті, причому вхід-вихід первинного вимірювального перетворювача з'єднаний з входом-виходом вимірювального блока, вихід вимірювального блока з'єднаний з входом нормуючого підсилювача, а вихід нормуючого підсилювача з'єднаний з першим входом блока аналогової пам'яті, також система містить мультиплектор, перший та другий пристрої перетворення інтерфейсу, лінію зв'язку, зовнішню пам'ять та сервер, причому виходи блоків аналогової пам'яті кожного вимірювального каналу повітряного зазору з'єднані з відповідним інформаційним входом мультиплектора, два адресні входи мультиплектора з'єднані з другим та третім виходами мікроконтролера, вихід мультиплектора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача, а другий вхід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з першим виходом мікроконтролера, вихід формувача з'єднаний з другими входами блоків аналогової пам'яті кожного з вимірювальних каналів повітряного зазору, другий вхід-вихід мікроконтролера з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті, перший вхід-вихід мікроконтролера з'єднаний з першим входом-виходом першого пристрою перетворення інтерфейсу, другий вхід-вихід першого пристрою перетворення інтерфейсу через лінію зв'язку з'єднаний з першим входом-виходом другого пристрою перетворення інтерфейсу, другий вхід-вихід другого пристрою перетворення інтерфейсу з'єднаний з входом-виходом сервера.

