



УКРАЇНА

(19) UA (11) 66867 (13) U
(51) МПК
G01K 13/08 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

1

2

(21) u201107125

(22) 06.06.2011

(24) 25.01.2012

(46) 25.01.2012, Бюл.№ 2, 2012 р.

(72) ГРАБКО ВОЛОДИМИР ВІТАЛІЙОВИЧ, КУХАРЧУК ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ, ГРАБКО ВАЛЕНТИН ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, η дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, η лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка η інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, перший генератор імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, та блок пам'яті, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом аналого-цифрового перетворювача з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки η окремих інфрачервоних датчиків, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача через інтерфейсний блок з'єднана з колами електронної об-

числювальної машини, який відрізняється тим, що в нього введено другий генератор імпульсів, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільвач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І та індикатор, причому вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільвача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та до другого входу аналого-цифрового перетворювача.

Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури об'єктів, що обертаються, зокрема ротора гідрогенератора.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури [А.С. СРСР № 1637498, М. кл. G 01 K 13/08, G 01 J 5/28, бюл. № 11, 1991], що містить об'єктив, світлодіодний, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим

(19) UA (11) 66867 (13) U

отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, додаткову нерухома діафрагму, діафрагмуючий отвір якої являє собою прямокутну щілину, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені n лінз та лінійка n інфрачервоних (14) датчиків, лінзу та ІЧ-датчик, що розташовані на оптичній осі з додатковою нерухомою діафрагмою та площиною світлорозподілу світлодільника, вихід першого ІЧ-датчика підключений до входу підсилювача, вихід якого з'єднаний з входом частотоміра і з входом перетворювача частота-напруга, вихід якого підключений до других входів першого комутатора та другого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, вихід якого з'єднаний з першим входом першого ключа, вихід якого підключений до входу крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід $(n+1)$ -го ІЧ-датчика через конденсатор підключений до другого входу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, третій вхід якого підключений до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра, вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та перший вхід відеоконтрольного блока підключені до виходу дільника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП) з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи n ІЧ-датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з колами електронної обчислювальної машини (ЕОМ), вихід другого комутатора підключений до другого входу відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина лічильника з'єднана з вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока постійного запам'ятовуючого блока, перший і другий входи якого підключені відповідно до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати тепловий портрет ротора гідрогенератора в процесі його роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

За прототип вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури [Патент України №19737, М. кл. G 01 K 13/00, бюл. № 12, 2006], що містить об'єктив, діафрагму, отвір якої являє собою сектор, доповнений круглим отвором, центр якого співпадає з вершиною сектора та головною оптичною віссю, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, діафрагмуючі отвори дзеркал являють собою еліпси, на одній оптичній осі з якими встановлені n лінз та лінійка n ІЧ-датчиків, вихід n -го ІЧ-датчика через конденсатор підключений до другого входу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом першого джерела опорної напруги, а вихід підключений до входу першого світлодіода, вихід третього джерела опорної напруги з'єднаний з першим входом першого комутатора, другий вхід якого разом з другим входом другого компаратора підключені до виходу генератора напруги, що змінюється лінійно (в подальшому - першого генератора імпульсів), перший вхід другого компаратора з'єднаний з виходом другого джерела опорної напруги, а вихід підключений до третього входу першого комутатора, до входу другого світлодіода та до першого входу другого ключа, другий вхід якого з'єднаний з виходом лічильника, вхід якого, а також другий вхід першого ключа, вхід буферного регістра, вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та перший вхід відеоконтрольного блока підключені до виходу дільника частоти, вхід якого, а також вхід другого комутатора та перший вхід першого АЦП з'єднані з виходом перетворювача напруга-частота, вхід якого підключений до виходу першого комутатора, виходи n ІЧ-датчиків з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини другого комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом першого АЦП, вихідна шина якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід другого комутатора підключений до другого входу відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, вихідна шина лічильника з'єднана з першою вхідною шиною постійного запам'ятовуючого блока (в подальшому - блок пам'яті), перший і другий входи якого підключені відповідно до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, виходи першого та другого світлодіодів з'єднані з загальною шиною, вихід другого ключа підключений до першого входу першого ключа, вихід якого з'єднаний зі входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихід перетворювача частота-напруга підключений до другого входу третього компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого джерела опорної напруги, а вихід підключений до першого входу першого генератора імпульсів, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока порівняння швидкості, вхід якого разом зі входом блока обробки сигналу підключені до виходу перетворювача напруга-частота, вихідна шина буферного регістра

з'єднана з вхідною шиною блока обробки сигналу, вихід якого підключений через блок обчислення до виходу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною блока пам'яті, виходи п ІЧ-датчиків підключені до вхідних шин перетворювача частота-напруга та блока порівняння швидкості.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати тепловий портрет ротора гідрогенератора в процесі його роботи, із-за відсутності можливості доступу до його обертових частин, враховуючи, що гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання. Крім того, за рахунок підключення входу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, до виходу дільника частоти ускладнюється виведення зображення на екран відеоконтрольного блока, що знижує точність у відтворенні теплового портрета досліджуваного об'єкта.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі вимірювати тепловий портрет ротора в процесі його обертання, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єкт, п дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка п ІЧ-датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, АЦП, інтерфейсний блок, перший генератор імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, та блок пам'яті, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом АЦП з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки п окремих ІЧ-датчиків, вихідна цифрова шина АЦП через інтерфейсний блок з'єднана з колами ЕОМ, введено другий генератор імпульсів, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільвач тактів, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І та індикатор, причому вхідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової

шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподільвача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільвача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та до другого входу АЦП.

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - об'єкт дослідження - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктів; 3-п дзеркал; 4-п лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка п ІЧ датчиків; 7 - блок задання положення; 8 - перший цифровий компаратор; 9 - перший елемент І; 10 - перший генератор імпульсів; 11 - перший тригер; 12 - другий елемент І; 13 - дільник частоти; 14 - буферний регістр; 15 - датчик положення; 16 - перший регістр; 17 - другий генератор імпульсів; 18 - розподільвач тактів; 19 - другий регістр; 20 - цифровий суматор; 21 - блок задання швидкості; 22 - другий цифровий компаратор; 23 - другий тригер; 24 - індикатор; 25 - комутатор; 26 - АЦП; 27 - лічильник; 28 - блок пам'яті; 29 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 30, 31 - перший та другий керовані підсилювачі; 32 - відеоконтрольний блок; 33 - інтерфейсний блок, причому з об'єктивом 2 п дзеркал 3 закріплені на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені п лінз 4, вихід дільника частоти 13 підключений до входів буферного регістра 14, лічильника 27 та до першого входу відеоконтрольного блока 32, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 30 та другого 31 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 29, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті 28, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника 27, четвертий вхід відеоконтрольного блока 32 разом з першим входом АЦП 26 з'єднані з виходом комутатора 25, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 14, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки п окремих

14 датчиків 6, вихідна цифрова шина АЦП 26 підключена через інтерфейсний блок 33 в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 7 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 8, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 16 та другого 19 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 15, вихід першого цифрового компаратора 8 з'єднаний з першим входом першого елемента І 9, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 23, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 11, другий вхід якого разом зі входом індикатора 24 підключені до другого виходу другого тригера 23, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 22, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 21, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 20, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого 16 та другого 19 регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподільвача тактів 18, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 23, вихід другого генератора імпульсів 17 з'єднаний зі входом розподільвача тактів 18, вихід першого тригера 11 підключений до першого входу другого елемента І 12, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 10, а вихід підключений до входу дільника частоти 13, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 29, комутатора 25 та до другого входу АЦП 26.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 10 та другий 17 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 2, через дзеркало 3 та через лінзу 4 на лінійку п 14 датчиків 6, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору лінійки п 14 датчиків 6 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 32 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 17 по чергово на виходах розподільвача тактів 18 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 18 в перший регістр 116 записується код з виходу датчика положення 15. В другий регістр 19 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 18 записується інший код з виходу датчика положення 15. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим

генератором імпульсів 17, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 20 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 22, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 21. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 22 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподільвача тактів 18 записується в другий тригер 23. При цьому індикатор 24 залишається ввімкненим, тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 23 з'являється сигнал логічного нуля, індикатор 24 вимикається, на першому виході другого тригера 23 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 9. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 15 та з виходу блока задання положення 7 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 9 встановлюється в одиничний стан перший тригер 11. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 10 через другий елемент І 12 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 32.

В залежності від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 10, що пов'язано співвідношенням $f_1/n = \omega / (2\pi \cdot m)$, де $m = 360^\circ / \beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору лінійки п 14 датчиків 6, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 13, що відповідає кількості окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2, ..., 6.n. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 13 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 14 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів п окремих 14 датчиків 6.1, 6.2, ..., 6.n. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N = n \cdot m$). Комутатором 25 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 14 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 25 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 32 і на вхід АЦП 26, в якому він перетворюється в цифрову форму та через інтерфейсний блок 33 передається в ЕОМ.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 29, перший 30 та другий 31 керувані підсилювачі і блок пам'яті 28 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 32. Сигнал частотою f_1 що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 29, на виході приймає ступінчасту форму (містить п складових) і подається на входи першого 30 і другого 31 керувані підсилювачів, коефіцієнт підси-

лення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 28. При цьому коефіцієнти підсилення першого 30 та другого 31 керувані підсилювачі задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin \varphi_i$ та $R_i \cdot \cos \varphi_i$ відповідно, де R_i - радіус, φ_i - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 15. При цьому $i = 0, n$, $j = 0, m$.

На вхід блока пам'яті 28 сигнали надходять з лічильника 27, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 32 при наявності одного інформаційного

сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 13 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Очевидно, що згідно з запропонованим алгоритмом сканування ротора гідрогенератора здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j . Коли закінчено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j , здійснюється сканування n точок, що лежать на радіусі R_{j+1} . Так знаходиться кругова розгортка всього теплового зображення ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

