

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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 66866, М. кл. G01K 13/00, бюл. № 2, 2012), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І та індикатор, 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, 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 блока підготовки даних з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, 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 розподільувача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільувача 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, комутатора та до другого входу блока підготовки даних.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати положення ротора гідрогенератора в процесі його роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює оперативний пошук місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, виявленого тепловізійним методом.

За найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 127224, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 14, 2018), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, дільник частоти (в подальшому - перший дільник частоти), буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільувач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, індикатор, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), буфер даних та блок запуску, причому вихід першого дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого 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, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід блока підготовки даних з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, 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 першого дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихід комутатора з'єднано з першим входом АЦП, другий вхід якого разом зі входом другого лічильника імпульсів підключені до виходу другого елемента І, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ЦАП, вихід якого з'єднаний з четвертим входом відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина другого лічильника підключена до другої вхідної цифрової шини буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє під час вимірювання теплового портрета ротора гідрогенератора в процесі його роботи визначати положення ротора гідрогенератора із-за відсутності можливості доступу до його обертових частин, що ускладнює оперативний пошук місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, внаслідок чого збільшується час діагностування ротора гідрогенератора та звужуються функціональні можливості пристрою.

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 під час вимірювання теплового портрета ротора гідрогенератора визначати положення його ротора, що дозволяє оперативно визначати місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, внаслідок чого зменшується час діагностування ротора гідрогенератора, а, отже, розширюються функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, перший дільник частоти, буферний регістр, комутатор, блок підготовки даних, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподільвач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, індикатор, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, АЦП, ЦАП, буфер даних та блок запуску, причому вихід першого дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого 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, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід блока підготовки даних з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами п окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача, вихід блока підготовки даних підключений в кола ЕОМ, 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 підключений 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 першого дільника частоти, генератора напруги, комутатора та до другого входу блока підготовки даних, вихід комутатора з'єднано з першим входом АЦП, другий вхід якого разом зі входом другого лічильника підключені до виходу другого елемента І, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ЦАП, вихід якого з'єднаний з четвертим входом відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина другого лічильника підключена до другої вхідної цифрової шини буфера даних, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, згідно з корисною моделлю, введено третій цифровий компаратор, третій регістр, другий дільник частоти, третій лічильник та дешифратор, причому вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної

цифрової шини третього цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра та зі входом другого дільника частоти, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина третього лічильника підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора.

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

На схемі: 1 - об'єктив; 2 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n ; 3 - блок задання положення; 4 - перший цифровий компаратор; 5 - перший елемент І; 6 - перший генератор імпульсів; 7 - перший тригер; 8 - другий елемент І; 9 - перший дільник частоти; 10 - буферний регістр; 11 - третій регістр; 12 - третій цифровий компаратор; 13 - другий дільник частоти; 14 - третій лічильник; 15 - дешифратор; 16 - індикатор; 17 - датчик положення; 18 - перший регістр; 19 - другий генератор імпульсів; 20 - розподільувач тактів; 21 - другий регістр; 22 - цифровий суматор; 23 - блок задання швидкості; 24 - другий цифровий компаратор; 25 - другий тригер; 26 - комутатор; 27 - блок підготовки даних; 28 - АЦП; 29 - відеоконтрольний блок; 30 - блок пам'яті; 31, 32 - перший та другий керовані підсилювачі; 33 - перший лічильник; 34 - генератор напруги; 35 - блок запуску; 36 - другий лічильник; 37 - буфер даних; 38 - ЦАП, причому вихід першого дільника частоти 9 підключений до входів буферного регістра 10, першого лічильника 33 та до першого входу відеоконтрольного блока 29, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 31 та другого 32 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 34, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 30, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 33, перший вхід блока підготовки даних 27 з'єднаний з виходом комутатора 26, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 10, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n інфрачервоного приймача 2, вихід блока підготовки даних 27 підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 3 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 4, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 18 та другого 21 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 17, вихід першого цифрового компаратора 4 з'єднаний з першим входом першого елемента І 5, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 25, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 7, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера 25, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 24, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 23, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 22, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого 18 та другого 21 регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподільувача тактів 20, третій вхід якого підключений до другого входу другого тригера 25, вихід другого генератора імпульсів 19 з'єднаний зі входом розподільувача тактів 20, вихід першого тригера 7 підключений до першого входу другого елемента І 8, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 6, а вихід підключений до входів першого дільника частоти 9, генератора напруги 34, комутатора 26 та до другого входу блока підготовки даних 27, вихід комутатора 26 з'єднано з першим входом АЦП 28, другий вхід якого разом зі входом другого лічильника 36 підключені до виходу другого елемента І 8, вихід блока запуску 35 з'єднаний зі входом буфера даних 37, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ЦАП 38, вихід якого з'єднаний з четвертим входом відеоконтрольного блока 29, вихідна цифрова шина другого лічильника 36 підключена до другої вхідної цифрової шини буфера даних 37, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 28, вихідна цифрова шина датчика положення 17 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора 12 та зі вхідною цифровою шиною третього регістра 11, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 12, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра 11 та зі входом другого дільника частоти 13, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника 14, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра 11 з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 4, вихідна цифрова шина третього лічильника 14 підключена до вхідної цифрової шини дешифратора 15, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора 16, позицією 1 позначено об'єктив.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 6 та другий 19 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 1 на лінійку n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2. n інфрачервоного приймача 2, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору інфрачервоного приймача 2 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти

теплогового 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 29 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 19 по чергово на виходах розподільвача тактів 20 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 20 в перший регістр 18 записується код з виходу датчика положення 17. В другий регістр 21 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 20 записується інший код з виходу датчика положення 17. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 19, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 22 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 24, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 23. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 24 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподільвача тактів 20 записується в другий тригер 25. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 25 з'являється сигнал логічного нуля, на його першому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 5. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 17 та з виходу блока задання положення 3 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 5 встановлюється в одиничний стан перший тригер 7. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 6 через другий елемент І 8 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 29.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 6, 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 інфрачервоного приймача 2, n - коефіцієнт ділення першого дільника частоти 9, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході першого дільника частоти 9 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 10 на час $\Delta T=n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n \cdot m$). Комутатором 26 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 10 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 26 потрапляє на вхід блока підготовки даних 27, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Зазначимо, що потік інформації з виходу комутатора 26 про теплове зображення обмотки ротора потрапляє також в буфер даних 37 через АЦП 28 в цифровій формі. Під управлінням другого лічильника 36 інформація послідовно розміщується в буфері даних 37. Розмір буфера може бути різним, але не меншим, ніж для розміщення в ньому інформації про теплове зображення ротора, що отримується за один оберт ротора. В подальшому цей потік інформації через ЦАП 38 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід відеоконтрольного блока 29.

Генератор напруги 34, перший 31 та другий 32 керовані підсилювачі і блок пам'яті 30 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 29. Сигнал частотою f_1 що надходить на вхід генератора напруги 34, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 31 і другого 32 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 30. При цьому коефіцієнти підсилення першого 31 та другого 32 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin \varphi_j$ та $R_i \cdot \cos \varphi_j$ відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 17. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На вхід блока пам'яті 30 сигнали надходять з першого лічильника 33, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює t . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 29 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу першого дільника частоти 9 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

У випадку, коли оперативному персоналу необхідно відстежити фрагмент, теплового зображення, який може мати інтерес для попереднього дослідження, сигналом з блока запуску 35 буфер даних 37

переводиться в режим повторного неперервного зчитування записаної в ньому інформації з подальшим її виведенням через ЦАП 38 на відеоконтрольний блок 29. Цей процес здійснюється до тих пір, поки активним є сигнал з виходу блока запуску 35.

Очевидно, що згідно із 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.

Визначення положення ротора гідрогенератора в кожен момент часу здійснюється так. В момент появи сигналу на виході першого цифрового компаратора 4 третій регістр її та третій лічильник 14 обнуляються. Припустимо, що це здійснюється в момент, коли на виході датчика "положення 17 з'являється нульовий код. При цьому на виході третього цифрового компаратора 12 з'являється сигнал логічного нуля. Через деякий час при поверненні ротора на певний кут на виході датчика положення 17 з'являється код, відмінний від нуля, внаслідок чого на виході третього цифрового компаратора 12 з'являється сигнал логічної одиниці, яким код з виходу датчика положення 17 записується в третій регістр 11. В результаті на виході третього цифрового компаратора 12 знову з'являється сигнал логічного нуля. При черговій зміні цифрового коду на виході датчика положення 17 на виході третього цифрового компаратора 12 знову з'являється сигнал логічної одиниці. Таким чином, сформована послідовність імпульсів подається на вхід другого дільника частоти 13, коефіцієнт ділення якого дорівнює t . При цьому на виході третього лічильника 14 формується послідовність кодів, зміна яких здійснюється при зміщенні ротора гідрогенератора на один полюс. Ці коди подаються через дешифратор 15 в індикатор 16, за допомогою якого можна відслідковувати в кожен момент часу, в якому положенні знаходиться ротор гідрогенератора.

