



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **90253** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01K 13/08** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

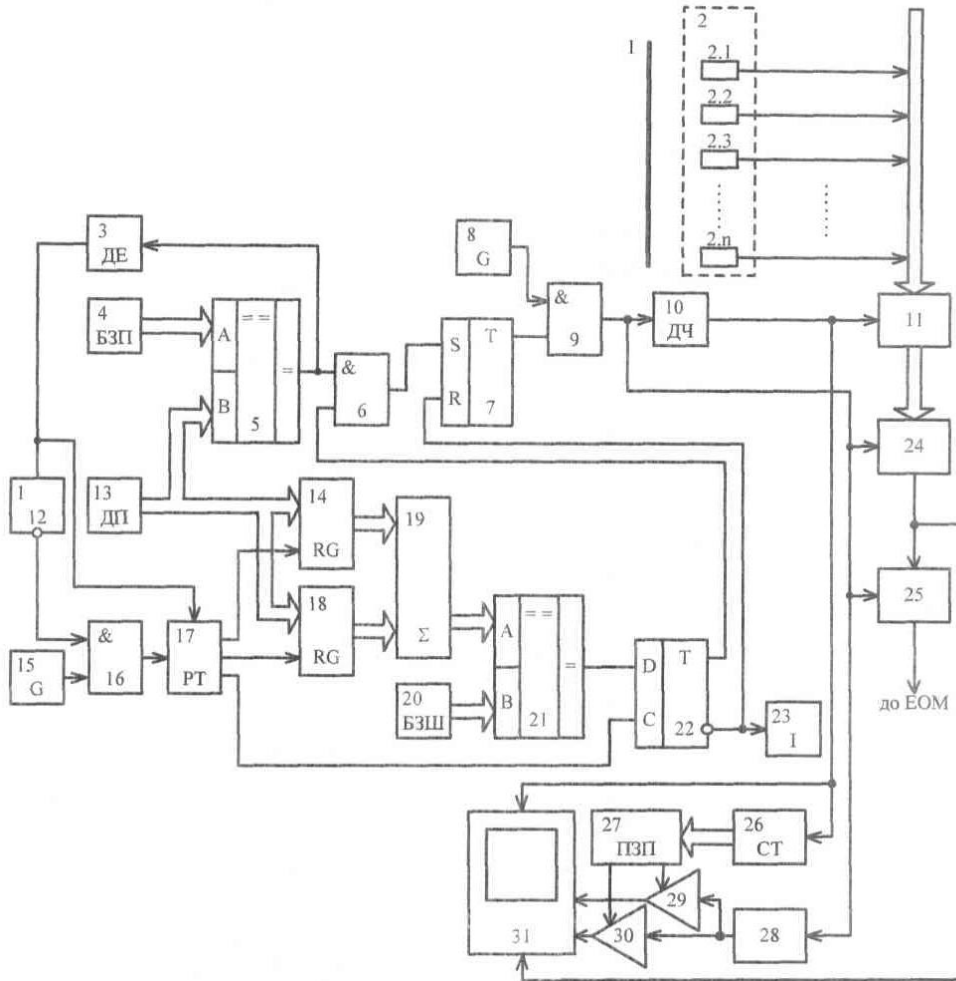
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2013 06209</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>20.05.2013</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>26.05.2014</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>26.05.2014, Бюл.№ 10</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Бомбик Вадим Сергійович (UA), Варавва Микола Олегович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b></p>
--	--

**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКООНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА**

**(57) Реферат:**

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n 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 цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи I та індикатор. В нього введені диференціюючий елемент, третій елемент I та елемент HI, причому вхід диференціюючого елемента підключений до виходу першого цифрового компаратора, а вихід з'єднаний з входом елемента HI та першим входом розподільувача тактів, вихід елемента HI підключений до першого входу третього елемента I, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а вихід підключений до другого входу розподільувача тактів.

**UA 90253 U**



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 (Патент України № 14687, М. кл. G01K 13/00, бюл. № 5, 2006), що містить об'єктив, діафрагму, дзеркало, виконане у вигляді ввігнутого конуса з поверхнею, що відображає промені світлового потоку, інфрачервоний приймач, що являє собою циліндр, секції якого є окремими інфрачервоними сенсорами, виходи яких з'єднані відповідно зі вхідною шиною буферного регістра та зі вхідною шиною блока синхронізації, вихід якого через керований тактовий генератор (в подальшому - перший генератор імпульсів) підключений до першого входу блока підготовки даних, до входу комутатора, до входу генератора напруги та до входу дільника частоти, вихід якого з'єднаний з першим входом буферного регістра, з першим входом відеоконтрольного блока та з першим входом лічильника, вихід якого підключений до другого входу ключа, вихід якого з'єднаний з входом крокового двигуна, вал якого зв'язаний з діафрагмою, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з другим входом блока підготовки даних та з другим входом відеоконтрольного блока, третій і четвертий входи якого підключені відповідно до виходів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, а другі входи підключені відповідно до першого і другого виходів постійного запам'ятовуючого пристрою (в подальшому - блок пам'яті), перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною лічильника, другий вхід якого підключений до першого виходу блока управління, другий вихід якого з'єднаний зі входом блока синхронізації, а третій вихід підключений до другого входу буферного регістра, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна шина буферного регістра підключена до вхідної шини блока обробки сигналу, вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входу блока обчислення, вихід якого з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача (АЦП), цифрова вихідна шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини блока пам'яті, вихід дільника частоти з'єднаний з першим входом ключа.

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.

За прототип вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 66866, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 2, 2012), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить  $n$  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 цифрових компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи I 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  $n$  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 I, 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 I, 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 із-за відсутності синхронізації при визначенні швидкості обертання ротора гідрогенератора з кутom положення останнього знижується точність у візуалізації теплового портрету ротора.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора в процесі його роботи, в якому за рахунок введення синхронізації при визначенні швидкості обертання ротора з кутom положення останнього з'являється можливість підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить  $n$  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, 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  $n$  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 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 першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з виходами дільника частоти, генератора напруги, комутатора та з другим входом блока підготовки даних, введено диференціюючий елемент, третій елемент І та елемент НІ, причому вхід диференціюючого елемента підключений до виходу першого цифрового компаратора, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ та першим входом розподільвача тактів, вихід елемента НІ підключений до першого входу третього елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а вихід підключений до другого входу розподільвача тактів.

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; 3 - диференціюючий елемент; 4 - блок задання положення; 5 - перший цифровий компаратор; 6 - перший елемент І; 7 - перший тригер; 8 - перший генератор імпульсів; 9 - другий елемент І; 10 - дільник частоти; 11 - буферний регістр; 12 - елемент НІ; 13 - датчик положення; 14 - перший регістр; 15 - другий генератор імпульсів; 16 - третій елемент І; 17 - розподільвач тактів; 18 - другий регістр; 19 - цифровий суматор; 20 - блок задання швидкості; 21 - другий цифровий компаратор; 22 - другий тригер; 23 - індикатор; 24 - комутатор; 25 - блок підготовки даних; 26 - лічильник; 27 - блок пам'яті; 28 - генератор напруги; 29, 30 - перший та другий керовані підсилювачі; 21 - відеоконтрольний блок, причому вихід дільника частоти 10 підключений до входів буферного регістра 11, лічильника 26 та до першого входу відеоконтрольного блока 31, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 29 та другого 30 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 28, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті 27, вхідна

цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника 26, четвертий вхід відеоконтрольного блока 31 разом з першим входом блока підготовки даних 25 з'єднані з виходом комутатора 24, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 11, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами  $n$  окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2, вихід блока підготовки 25 даних підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 4 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 5, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 14 та другого 18 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 13, вихід першого цифрового компаратора 5 з'єднаний з першим входом першого елемента І 6, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 22, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 7, другий вхід якого разом зі входом індикатора 23 підключені до другого виходу другого тригера 22, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 21, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 20, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 19, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені відповідно до вихідних цифрових шин першого 14 та другого 18 регістрів, входи яких з'єднані відповідно з першим та другим виходами розподільвача тактів 17, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 22, вихід першого тригера 7 з'єднаний з першим входом другого елемента І 9, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів 8, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти 10, генератора напруги 28, комутатора 24 та з другим входом блока підготовки даних 25, вхід диференціюючого елемента 3 підключений до виходу першого цифрового компаратора 5, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ 12 та першим входом розподільвача тактів 17, вихід елемента НІ 12 підключений до першого входу третього елемента І 16, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 15, а вихід підключений до другого входу розподільвача тактів 17.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 8 та другий 15 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'єktiv 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 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 31 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 15 через відкритий третій елемент І 16 сигнали поступають на вхід розподільвача тактів 17 (крім моменту проходження ротором умовного початкового положення). На його виходах формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 17 в перший регістр 14 записується код з виходу датчика положення 13. В другий регістр 18 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 17 записується інший код з виходу датчика положення 13. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 15, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 19 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 21, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 20. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 21 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподільвача тактів 17 записується в другий тригер 22. При цьому індикатор 23 залишається ввімкненим, тепловий портрет ротора не фіксується. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу блока задання положення 4 та з виходу датчика положення 13 співпадають, і на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється сигнал, який поступає на вхід диференціюючого елемента 3. На його виході формується сигнал, який обнулює розподільвач тактів 17, а також через елемент НІ 12 закриває третій елемент І 16, що в свою чергу зумовлює припинення подачі імпульсів з другого генератора імпульсів 15 на розподільвач тактів 17.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 22 з'являється сигнал логічного нуля, індикатор 23 вимикається, на першому виході другого тригера 22 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід

першого елемента І 6. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 13 та з виходу блока задання положення 4 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 6 встановлюється в одиничний стан перший тригер 7. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 8 через другий елемент І 9 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 31.

В залежності від кутової швидкості обертання  $\omega$  ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів  $f_1$  першого генератора імпульсів, що пов'язано співвідношенням  $f_1 n = \omega / (2\pi \cdot m)$ , де  $m = 360^\circ / \beta$ ,  $\beta$  - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору інфрачервоного приймача 2,  $n$  - коефіцієнт ділення дільника частоти 10, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 10 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 11 на час  $\Delta T = n/f_1$  електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів  $n$  окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок  $N = n \cdot m$ ). Комутатором 24 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 11 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 24 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 31 і на вхід блока підготовки даних 25, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного виду для передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 28, перший 29 та другий 30 керовані підсилювачі і блок пам'яті 27 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 31. Сигнал частотою  $f_1$ , що надходить на вхід генератора напруги 28, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $n$  складових) і подається на входи першого 29 і другого 30 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 27. При цьому коефіцієнти підсилення першого 29 та другого 30 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні  $R_j \cdot \sin \varphi_j$  та  $R_j \cdot \cos \varphi_j$  відповідно, де  $R_j$  - радіус,  $\varphi_j$  - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 13. При цьому  $i = \overline{0, n}$ ,  $j = \overline{0, m}$ .

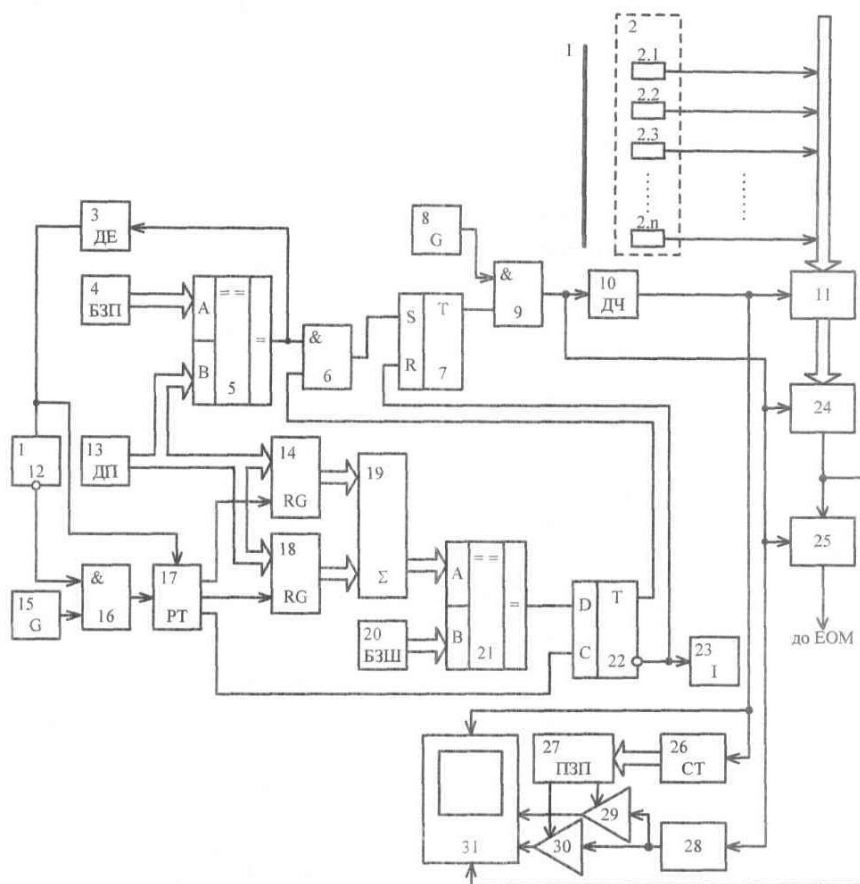
На вхід блока пам'яті 27 сигнали надходять з лічильника 26, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 31 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 10 формується зображення, що відповідає 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.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить  $n$  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, розподілювач тактів, два регістри, два цифрових 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  $n$  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 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 першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами дільника частоти, генератора напруги, комутатора та з другим входом блока підготовки даних, який **відрізняється** тим, що в нього введені диференціюючий елемент, третій елемент І та елемент НІ, причому вхід диференціюючого елемента підключений до виходу першого цифрового компаратора, а вихід з'єднаний з входом елемента НІ та першим входом розподільвача тактів, вихід елемента НІ підключений до першого входу третього елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а вихід підключений до другого входу розподільвача тактів.



Комп'ютерна верстка С. Чулій

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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