



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120310** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01K 13/08** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

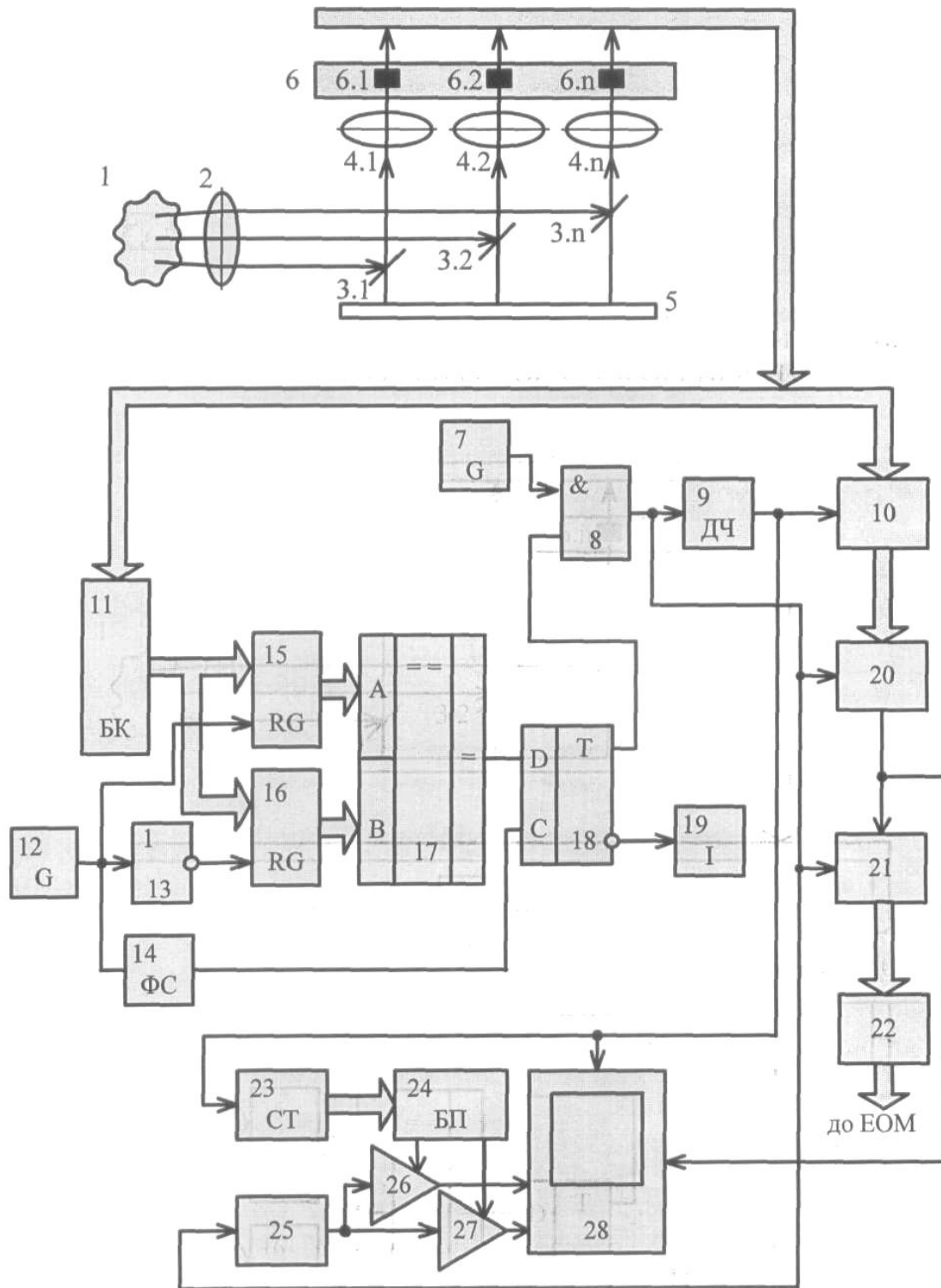
(21) Номер заявки: <b>u 2017 04889</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Равков Анатолій Валерійович (UA), Здітовецький Юрій Сергійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>22.05.2017</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.10.2017</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.10.2017, Бюл.№ 20</b>	(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, ряд інфрачервоних приймачів, блок синхронізації, блок обробки сигналу, відеоконтрольний блок. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контрольованого об'єкта, через об'єктив потрапляє на інфрачервоні приймачі, звідки сигнал через блок обробки сигналу з врахуванням швидкості обертання ротора гідрогенератора подається на відеоконтрольний блок, внаслідок чого на екрані останнього формується тепловий портрет ротора, що обертається.

UA 120310 U



Фиг.

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 № 19737, М. кл. G01K 13/00, бюл. № 12, 2006], що містить об'єktiv, 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  $45^\circ$  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, 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, 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 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 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, 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 входу другого АЦП, вихідна шина якого з'єднана з другою вхідною шиною блока пам'яті, виходи  $n$  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.

За прототип вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора [Патент України № 66867, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 2, 2012], що містить об'єktiv, за яким  $n$  дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені  $n$  лінз, 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 керування підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто (в подальшому - 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 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  $n$  окремих 14 датчиків, вихідна цифрова шина АЦП підключена через інтерфейсний блок 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 другого генератора імпульсів з'єднаний з 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, комутатора та до другого входу АЦП.

Головним недоліком даного пристрою є недостатня точність вимірювання теплового портрета ротора гідрогенератора в процесі його роботи у разі відсутності у останньому датчику положення ротора через недоступність до його обертових частин, враховуючи, що гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання.

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 без використання датчика положення ротора вимірювати тепловий портрет ротора в процесі його обертання, що дозволяє підвищити точність візуалізації теплового стану ротора, а, отже, точність роботи пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, п дзеркал, закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, п лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка п окремих ІЧ-датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, АЦП, інтерфейсний блок, два регістри, цифровий компаратор, тригер, елемент І, індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги 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, 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 підключена в кола ЕОМ, вихід цифрового компаратора з'єднаний з першим входом тригера, другий вихід якого підключений до входу індикатора, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти, комутатора, генератора напруги та до другого входу АЦП, введено блок компараторів, елемент НІ та формувач сигналу, причому перший вихід тригера з'єднаний з другим входом елемента І, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента НІ підключений до входу другого регістра, вихідна цифрова шина блока компараторів з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового компаратора, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки п окремих ІЧ-датчиків.

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'єкти; 3-п дзеркал; 4-п лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка п окремих 14 датчиків; 7 - перший генератор імпульсів; 8 - елемент І; 9 - дільник частоти; 10 - буферний регістр; 11 - блок компараторів; 12 - другий генератор імпульсів; 13 - елемент НІ; 14 - формувач сигналу; 15 - перший регістр; 16 - другий регістр; 17 - цифровий компаратор; 18 - тригер; 19 - індикатор; 20 - комутатор; 21 - АЦП; 22 - інтерфейсний блок; 23 - лічильник; 24 - блок пам'яті; 25 - генератор напруги; 26, 27 - перший та другий керовані підсилювачі; 28 - відеоконтрольний блок, причому п дзеркал 3.1-3.п закріплені на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, п

лінз 4.1-4.n встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, вихід дільника частоти 9 підключений до входів буферного регістра 10, лічильника 23 та до першого входу відеоконтрольного блока 28, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги 25, а другі входи з'єднані відповідно з першим та другим виходами блока пам'яті 24, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника 23, четвертий вхід відеоконтрольного блока 28 разом з першим входом АЦП 21 з'єднані з виходом комутатора 20, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 10, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки 6 n окремих 14-датчиків 6.1-6.n, вихідна цифрова шина АЦП 21 через інтерфейсний блок 22 підключена в кола ЕОМ, вихід цифрового компаратора 17 з'єднаний з першим входом тригера 18, другий вихід якого підключений до входу індикатора 19, вихід першого генератора імпульсів 7 з'єднаний з першим входом елемента І 8, вихід якого підключений до входів дільника частоти 9, комутатора 20, генератора напруги 25 та до другого входу АЦП 21, перший вихід тригера 18 з'єднаний з другим входом елемента І 8, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу 14, вхід якого разом зі входами першого регістра 15 та елемента Ш 13 з'єднані з виходом другого генератора імпульсів 12, вихід елемента НІ 13 підключений до входу другого регістра 16, вихідна цифрова шина блока компараторів 11 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 15 та другого 16 регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового компаратора 17, вхідна цифрова шина блока компараторів 11 з'єднана з виходами лінійки 6 n окремих 14-датчиків 6.1-6.n.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 7 та другий 12 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 та через n дзеркал 3.1-3.n, закріплених на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю, через n лінз 4.1-4.n, встановлених на одній оптичній осі з дзеркалами, на лінійку 6 n окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6.n, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу в поле зору інфрачервоних датчиків 6.1-6.n 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 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 28 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним.

Сигнали, що надходять з виходів n окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6.n на вхід блока компараторів 11, перетворюються в цифрову форму та записуються по сигналу логічної одиниці з виходу другого генератора імпульсів 12 в перший регістр 10, а по сигналу логічного нуля, який перетворюється в сигнал логічної одиниці в елементі НІ 13, записуються в другий регістр 16. Зазначимо, що обидва регістри 15 та 16 мають синхронний прямий динамічний вхід і сигнали записуються в них по передньому фронту імпульсів з виходу другого генератора імпульсів 12. Якщо на виході цифрового компаратора 17 присутній сигнал логічного нуля, то це значить, що в першому 15 та другому 16 регістрах цифрові коди не співпадають, а, отже, частота сигналів другого генератора імпульсів 12 відрізняється від частоти обертання ротора гідрогенератора, що визначається кутовою швидкістю, розташованого по радіусу ротора, мінімального сектора поверхні ротора  $\beta$ , що потрапляє в поле зору інфрачервоних датчиків 6.1-6.n. Сигнал логічного нуля з виходу цифрового компаратора 17 перезаписується в тригер 18 по імпульсу, що з'являється на виході формувача сигналу 14 по задньому фронту вихідного імпульсу з другого генератора імпульсів 12. Враховуючи те, що в тригері 18 зберігається сигнал логічного нуля, то індикатор 19 залишається ввімкненим, тепловий портрет ротора не фіксується.

Очевидно, що у разі співпадання кутової швидкості мінімального сектора поверхні ротора  $\beta$  з частотою надходження імпульсів другого генератора імпульсів 12 в перший 15 та другий 16 регістри буде записуватись один і той же цифровий код.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною номінальній, то на виході цифрового компаратора 17, а, отже, і на другому виході тригера 18 з'являється сигнал логічного нуля, індикатор 19 вимикається, на першому виході тригера 18 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід елемента І 8. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 7 через елемент І 8 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 28.;

В залежності від номінальної кутової швидкості обертання  $\omega$  ротора гідрогенератора 1 вибрана частота формування імпульсів  $f_1$  першого генератора імпульсів 7, 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 інфрачервоних датчиків 6.1-6.n,  $n$  - коефіцієнт ділення дільника частоти 9, що відповідає кількості окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6.n. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході 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 окремих інфрачервоних датчиків 6.1-6.n. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок  $N=n \cdot m$ ).

Комутатором 20 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 10 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 20 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 28 і на вхід АЦП 21, в якому він перетворюється в цифрову форму та передається через інтерфейсний блок 22 в ЕОМ.

Генератор напруги 25, перший 26 та другий 27 керовані підсилювачі і блок пам'яті 24 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 28. Сигнал частотою  $f_1$ , що надходить на вхід генератора напруги 25, на виході приймає ступінчасту форму (містить п складових) і подається на входи першого 26 і другого 27 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 24. При цьому коефіцієнти підсилення першого 26 та другого 27 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні  $R_i \cdot \sin \phi_i$  та  $R_i \cdot \cos \phi_i$  відповідно, де  $R_i$  - радіус,  $\phi_i$  - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат. При цьому  $i = \overline{0, n}$ ,  $j = \overline{0, m}$ .

На вхід блока пам'яті 24 сигнали надходять з лічильника 23, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 28 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 9 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

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.

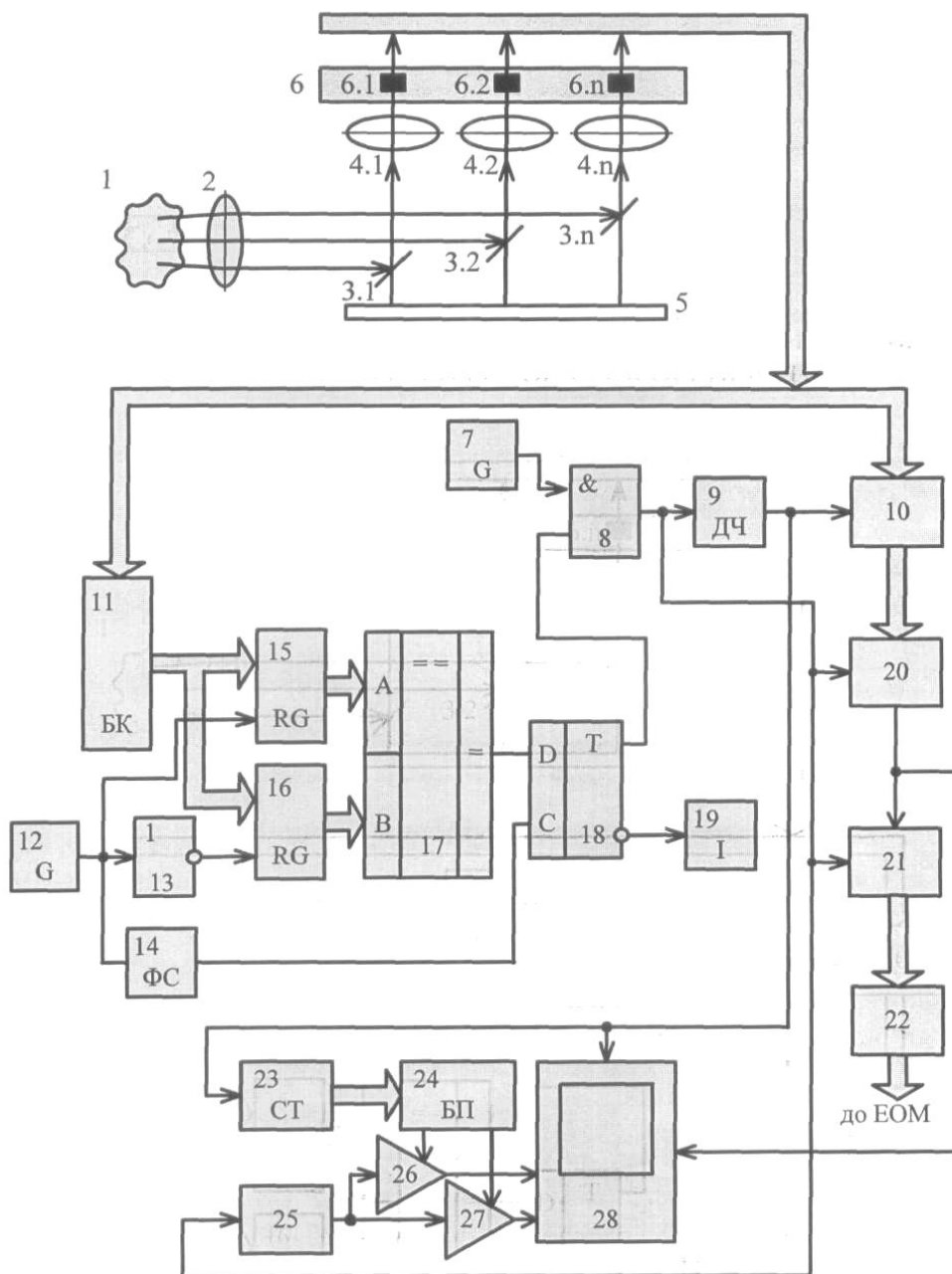
Зазначимо, що частота імпульсів з другого генератора імпульсів 12 співпадає з частотою імпульсів, що формуються на виході дільника частоти 9. Тривалість імпульсу на виході формувача сигналів вибирається суттєво меншою тривалості півперіоду частоти сигналів другого генератора імпульсів 12.

Поріг спрацьовування компараторів в блоці компараторів 11 вибирається дослідним шляхом.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктів,  $n$  дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут  $45^\circ$  з головною оптичною віссю,  $n$  лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка  $n$  окремих інфрачервоних датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, два регістри, цифровий компаратор, тригер, елемент І, індикатор, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги 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, 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  $n$  окремих інфрачервоних датчиків, вхідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача через інтерфейсний блок підключена в кола ЕОМ, вихід цифрового компаратора з'єднаний з першим входом тригера, другий вихід якого підключений до входу індикатора, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом елемента І, вихід якого підключений до входів дільника частоти,

- 5 комутатора, генератора напруги та до другого входу аналого-цифрового перетворювача, який **відрізняється** тим, що в нього введено блок компараторів, елемент НІ та формувач сигналу, причому перший вихід тригера з'єднаний з другим входом елемента І, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами першого регістра та елемента НІ з'єднані з виходом другого генератора імпульсів, вихід елемента НІ підключений до входу другого регістра, вихідна цифрова шина блока компараторів з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового компаратора, вхідна цифрова шина блока компараторів з'єднана з виходами лінійки n окремих інфрачервоних датчиків.



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