



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **162512** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01K 13/08** (2006.01)

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

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2025 04333</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Чорний Олексій Петрович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>05.09.2025</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>02.04.2026</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>01.04.2026, Бюл.№ 13</b>	

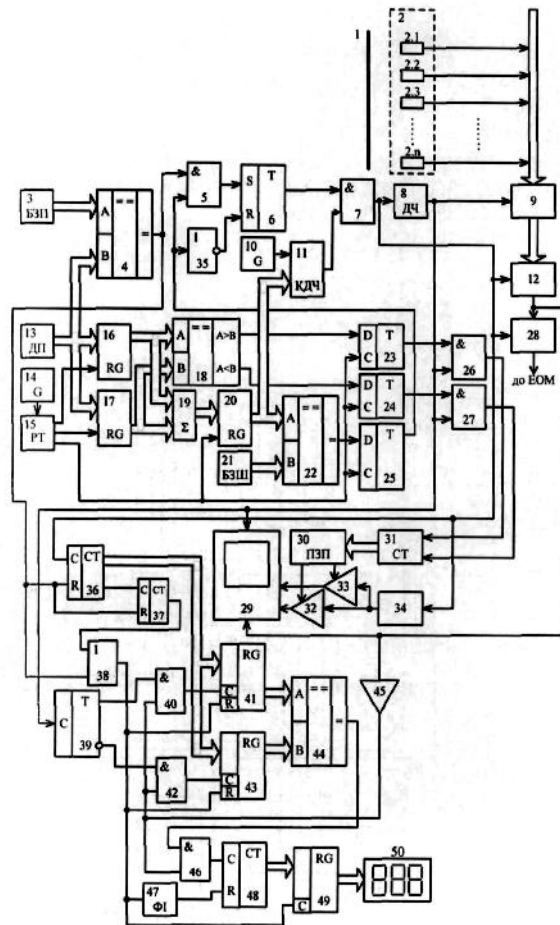
## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

### (57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи І, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги. При цьому п виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра. Блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока. Вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока. Вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів. Вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора. Вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ. Вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора. Вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів. Вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І. Перший та другий виходи розподільювача тактів з'єднані з входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра. Вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший

UA 162512 U

та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів І, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно. Вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І. Другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів. Другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом дільника частоти. Вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів. Крім цього в пристрій введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, елемент НІ, п'ятий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор. При цьому вихід дільника частоти з'єднаний з входом п'ятого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів п'ятого та шостого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами четвертого та п'ятого регістрів, а другі входи разом з другим входом сьомого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора. Перший вхід сьомого елемента І підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами четвертого та п'ятого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом шостого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора. Вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу сьомого елемента І. Вихідна цифрова шина з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора. Перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І, вихід четвертого тригера підключений до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого тригера.



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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора [Патент на корисну модель України № 104551, МПК G01K 13/08, опубл. 10.02.2016, бюл. № 3], що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрові компаратори, два елементи I, елемент II, тригер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому п виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока, до входів лічильника імпульсів та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина лічильника з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з входом розподільувача тактів, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до входів першого та другого регістрів, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента I та до входу елемента II, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, третій вихід розподільувача тактів з'єднаний зі входом третього регістра.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

За найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора [Патент на корисну модель України №131237, МПК G01K 13/08, опубл. 10.01.2019, бюл. № 1], що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи I, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, лічильник (в подальшому - перший лічильник), відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому п виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана

з вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого реєстрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього реєстра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, перший та другий виходи розподільвача тактів з'єднані зі входами першого та другого реєстрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього реєстра, вихідні цифрові шини першого та другого реєстрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів I, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента I, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів, другі входи третього та четвертого елементів I з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету під час роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі ідентифікувати та фіксувати виток з підвищеною температурою полюса обмотки ротора гідрогенератора в процесі вимірювання його теплового портрету, що розширює функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи I, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний реєстр, датчик положення, три реєстри, розподільвач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому п виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного реєстра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного реєстра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого реєстрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього реєстра, вихідна цифрова шина якого підключена до

першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, перший та другий виходи розподільювача тактів з'єднані з входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів I, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, вихід якого підключений до другого входу першого елемента I, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільювача тактів, другі входи третього та четвертого елементів I з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільювача тактів, згідно з корисною моделлю, введено три лічильники, три регістри, три елементи I, елемент АБО, елемент HI, п'ятий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний з входом п'ятого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів п'ятого та шостого елементів I, виходи яких з'єднані з першими входами четвертого та п'ятого регістрів, а другі входи разом з другим входом сьомого елемента I підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід сьомого елемента I підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами четвертого та п'ятого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом шостого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу сьомого елемента I, а вихідна цифрова шина з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента I, вихід четвертого тригера підключений до входу елемента HI, вихід якого з'єднаний з другим входом першого тригера.

35 Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток 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 I; 6 - перший тригер; 7 - другий елемент I; 8 - дільник частоти; 9 - буферний регістр; 10 - другий генератор імпульсів; 11 - керований дільник частоти; 12 - комутатор; 13 - датчик положення; 14 - перший генератор імпульсів; 15 - розподільювач тактів; 16 - перший регістр; 17 - другий регістр; 18 - третій цифровий компаратор; 19 - цифровий суматор; 20 - третій регістр; 21 - блок задання швидкості; 22 - другий цифровий компаратор; 23 - другий тригер; 24 - третій тригер; 25 - четвертий тригер; 26 - третій елемент I; 27 - четвертий елемент I; 28 - блок підготовки даних; 29 - відеоконтрольний блок; 30 - блок пам'яті; 31 - перший лічильник; 32, 33 - перший та другий керовані підсилювачі; 34 - генератор напруги; 35 - елемент HI; 36 - другий лічильник; 37 - третій лічильник; 38 - елемент АБО; 39 - п'ятий тригер; 40 - п'ятий елемент I; 41 - четвертий регістр; 42 - шостий елемент I; 43 - п'ятий регістр; 44 - четвертий цифровий компаратор; 45 - компаратор; 46 - сьомий елемент I; 47 - формувач імпульсів; 48 - четвертий лічильник; 49 - шостий регістр; 50 - цифровий індикатор, причому n виходів 2.1...2.n інфрачервоного приймача 2 підключені до вхідної шини буферного регістра 9, блок задання положення 3 та датчик положення 13 з'єднані своїми вихідними цифровими шинами відповідно з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора 4, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I 5, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера 6, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I 7, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних 28 та зі входами дільника частоти 8, комутатора 12 та генератора напруги 34, вихід якого підключений до других входів першого 32 та другого 33 керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані відповідно із третім та другим входами відеоконтрольного блока 29, вихід дільника частоти 8 підключений до першого входу відеоконтрольного блока 29 та до входу буферного регістра 9, вихідна цифрова шина

якого з'єднана з вхідною цифровою шиною комутатора 12, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних 28 та до четвертого входу відеоконтрольного блока 29, вихідна цифрова шина першого лічильника 31 з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті 30, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого 33 та першого 32 керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення 13 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 16 та другого 17 регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора 19, вихід блока підготовки даних 28 з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості 21 підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 22, вихідна цифрова шина цифрового суматора 19 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 20, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 22 та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти 11, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 10, вихід керованого дільника частоти 11 підключений до другого входу другого елемента І 7, перший та другий виходи розподільвача тактів 15 з'єднані з входами першого 16 та другого 17 регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра 20, вихідні цифрові шини першого 16 та другого 17 регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора 18, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого 23 та третього 24 тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього 26 та четвертого 27 елементів І, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника 31, відповідно, вихід другого цифрового компаратора 22 з'єднаний з першим входом четвертого тригера 25, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І 5, другі входи другого 23, третього 24 та четвертого 25 тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів 15, другі входи третього 26 та четвертого 27 елементів І з'єднані з виходом дільника частоти 8, вихід першого генератора імпульсів 14 підключений до входу розподільвача тактів 15, вихід дільника частоти 8 з'єднаний зі входом п'ятого тригера 39, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів п'ятого 40 та шостого 42 елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами четвертого 41 та п'ятого 43 регістрів, а другі входи разом з другим входом сьомого елемента І 46 підключені до виходу компаратора 45, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора 12, перший вхід сьомого елемента І 46 підключений до виходу четвертого цифрового компаратора 44, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами четвертого 41 та п'ятого 43 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника 36, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів 47 та входом шостого регістра 49 з'єднані з виходом елемента АБО 38, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника 37, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника 36, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника 36 та елемента АБО 38 підключені до виходу першого цифрового компаратора 4, вихід формувача імпульсів 47 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 48, перший вхід якого підключений до виходу сьомого елемента І 46, а вихідна цифрова шина з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра 49, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора 50, перший вхід другого лічильника 36 з'єднаний з виходом другого елемента І 7, вихід четвертого тригера 25 підключений до входу елемента НІ 35, вихід якого з'єднаний з другим входом першого тригера 6.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 14 та другий 10 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 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 деякої мінімальної швидкості обертання, то на екран відеоконтрольного блока 29 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це зумовлено наступним. Під впливом першого генератора імпульсів 14 почергово на виходах розподільвача тактів 15 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 15 в перший регістр 16 записується код з виходу датчика положення 13. В другий регістр 17 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 15 записується інший код з виходу датчика положення 13. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується першим генератором імпульсів 14, являє

собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 19. Сигналом з третього виходу розподільвача тактів 15 ця різниця кодів записується в третій регістр 20, з якого вона подається на вхідну цифрову шину керованого дільника частоти 11 та першу вхідну цифрову шину другого цифрового компаратора 22, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з мінімальною, яка записана в блоці задання швидкості 21. У випадку, коли швидкість менша від мінімальної, на виході другого цифрового компаратора 22 присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого синхроімпульси з виходу керованого дільника частоти 11 в подальші кола не надходять. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Одночасно сигнали з виходів першого 16 та другого 17 регістрів надходять на входи третього цифрового компаратора 18, де відбувається визначення напряму обертання ротора гідрогенератора. Якщо обертання відбувається в одному напрямку, то, наприклад, на першому виході третього цифрового компаратора 18 з'являється сигнал логічної одиниці. Якщо ж обертання відбувається в іншому напрямку, то сигнал логічної одиниці з'являється на другому виході третього цифрового компаратора 18. Сигнали з першого і другого виходів третього цифрового компаратора 18 запам'ятовуються, відповідно, в другому 23 і третьому 24 тригерах під впливом сигналу з третього виходу розподільвача тактів 15. При цьому третій 26 або четвертий 27 елемент І відкривається та на один з входів першого лічильника 31 надходять імпульси з виходу дільника частоти 8. Таким чином, враховується напрям обертання ротора гідрогенератора при побудові теплового портрета останнього.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною або більшою за мінімальну, то на виході другого цифрового компаратора 22 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на перший вхід четвертого тригера 25 і при наявності сигналу на третьому виході розподільвача тактів 15 з виходу четвертого тригера 25 сигналом розблоковується перший елемент І 5 та перший тригер 6. При цьому на виході елемента НІ 35 встановлюється сигнал логічного нуля. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 13 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 6. При цьому сигнал логічної одиниці з виходу першого тригера 6 подається на перший вхід другого елемента І 7. Зазначимо, що імпульси з виходу другого генератора імпульсів 10 подаються на вхід керованого дільника частоти 11, який керується кодом з вихідної цифрової шини третього регістра 20. Отже, з виходу керованого дільника частоти 11 імпульси подаються на другий вхід другого елемента І 7, вихідні послідовності імпульсів починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет ротора гідрогенератора на екрані відеоконтрольного блока 29.

Залежно від кутової швидкості  $\omega$  обертання ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів  $f_1$  на виході керованого дільника частоти 11, 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 8, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 8 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 9 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 12 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 9 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 12 надходить на вхід відеоконтрольного блока 29 і на вхід блока підготовки даних 28, в якому він перетворюється в цифрову форму та приводиться до зручного вигляду для передачі в ЕОМ.

Генератор напруги 34, перший 32 та другий 33 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 32 і другого 33 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 30. При цьому коефіцієнти підсилення першого 32 та другого 33 керованих підсилювачів 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,  $\omega_j$  - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 13. При цьому  $i = 0, n$ ,  $i = 0, m$ .

На вхід блока пам'яті 30 сигнали надходять з першого лічильника 31, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $m$ . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 29 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 8 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

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

10 Ідентифікація витка обмотки з підвищеною температурою ротора гідрогенератора здійснюється так. Нагадаємо, що на виході дільника частоти 8 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n. По кожному імпульсу з виходу дільника частоти 8 п'ятий тригер 39 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

15 В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході другого елемента І 7 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується другим генератором імпульсів 10 і проходить через керований дільник частоти 11, і ці імпульси надходять на перший вхід другого лічильника 36, внаслідок чого на його виході нарощується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n. Послідовно за ним ввімкнений третій лічильник 37, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора в перерахунку на кількість секторів його сканування.

20 Якщо на виході одного з окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора, то на виході компаратора 45 формується імпульс, який подається на п'ятий 40 та шостий 42 елементи І. Залежно від положення п'ятого тригера 39 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру інфрачервоного сенсора в лінійці окремих інфрачервоних сенсорів 2.1-2.n, з виходу другого лічильника 36 надходить на входи четвертого 41 та п'ятого 43 регістрів. І коли під дією п'ятого тригера 39 та компаратора 45 відкривається п'ятий 40 та шостий 42 елементи І, то цифровий код з виходу другого лічильника 36 заноситься в четвертий 41 та п'ятий 43 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в четвертому 41 та п'ятому 43 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу другого лічильника 36 в четвертий 41 та п'ятий 43 регістри на виході четвертого цифрового компаратора 44 присутній сигнал логічного нуля.

35 При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора, тобто, коли тим же інфрачервоним сенсором, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в четвертий 41 та п'ятий 43 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу другого лічильника 36, який співпадає з кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході четвертого цифрового компаратора 44 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід сьомого елемента І 46. При цьому на його другому вході присутній сигнал з виходу компаратора 45, внаслідок чого на перший вхід четвертого лічильника 48 надходить імпульс, яким нарощується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора гідрогенератора.

45 Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора протягом повного оберту ротора гідрогенератора, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу другого лічильника 36 заноситься по чергово то в четвертий 41, то в п'ятий 43 регістри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюса обмотки на виході третього лічильника 37 з'являється імпульс, яким через елемент АБО 38 обнуляються четвертий 41 та п'ятий 43 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 48 переноситься в шостий регістр 49 і по завершенню імпульсу на виході формувача імпульсів 47 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 48.

Після цього розпочинається сканування другого полюса обмотки ротора гідрогенератора.

50 По завершенню сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 4 з'являється імпульс, яким обнуляється другий 36 та третій 37 лічильники і через елемент АБО 38 обнуляються четвертий 41 та п'ятий 43 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 48 переноситься в шостий регістр 49 і по завершенні імпульсу на виході формувача імпульсів 47 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 48.

Цифровий код з виходу шостого регістра 49 заноситься в цифровий індикатор 50, на якому почергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюса обмотки ротора гідрогенератора, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

5 У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки, в цифровому індикаторі 50 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора повторюється.

10

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи І, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільвач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому п виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані, відповідно, із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів, відповідно, другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподільвача тактів з'єднані з входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів І, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів, другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, який **відрізняється** тим, що в нього введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, елемент НІ, п'ятий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний з входом п'ятого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів п'ятого та шостого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами четвертого та п'ятого регістрів, а другі входи разом з другим входом сьомого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід сьомого елемента І підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами четвертого та п'ятого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого

лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом шостого регістра з'єднані з виходом елемента АБО, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника та елемента АБО підключені до виходу першого цифрового компаратора, вихід формувача імпульсів з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу сьомого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І, вихід четвертого тригера підключений до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом першого тригера.

