УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 161698** **(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: **u 2025 02793**
(22) Дата подання заявки: **11.06.2025**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **25.12.2025**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **24.12.2025, Бюл.№ 52**

(72) Винахідник(и):
Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Мошноріз Микола Миколайович (UA),
Тимків Зоряна Олегівна (UA)

(73) Володілець (володільці):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

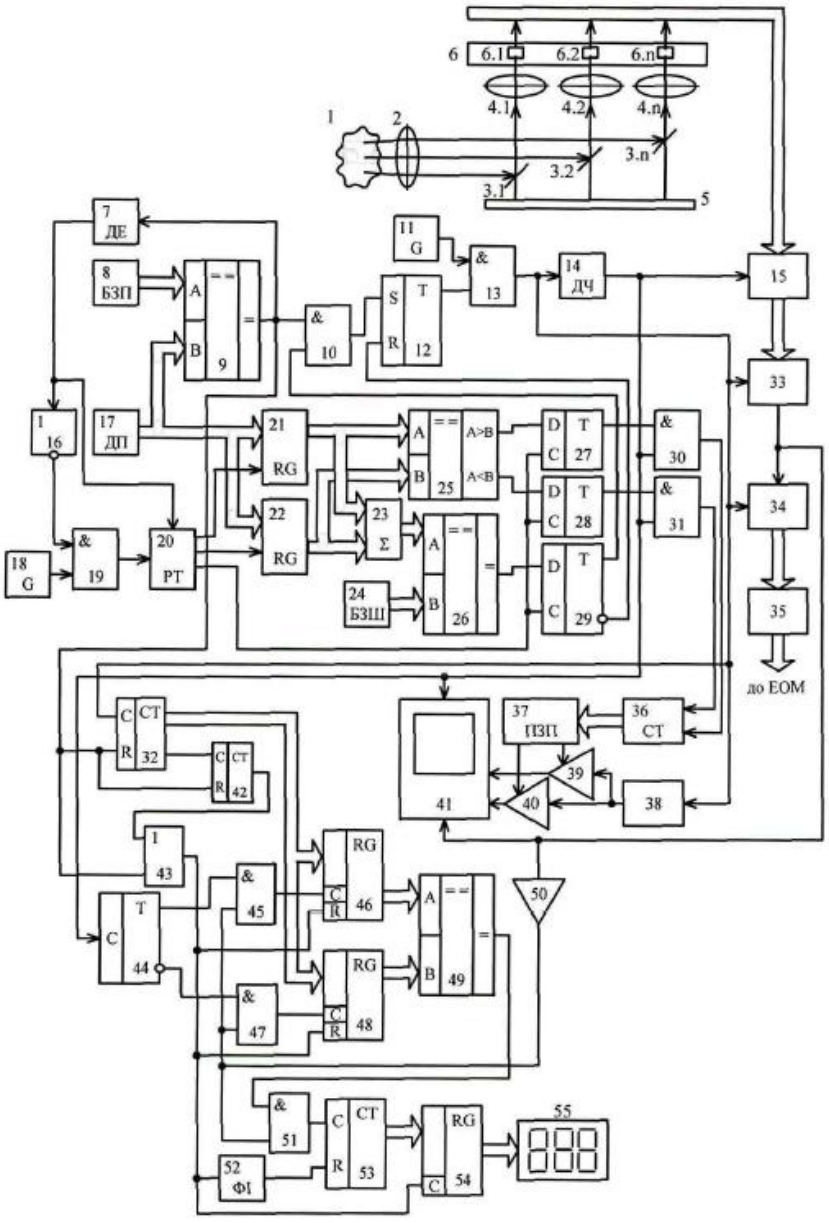
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора містить об'єктив, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів І, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподілювач тактів, два регістри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, n дзеркал, n лінз, n окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний регістр, перший лічильник, два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, диференціюючий елемент та елемент НІ. За об'єктивом закріплені n дзеркал на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю. На одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз та n окремих інфрачервоних датчиків, відповідно. Вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого 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, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача 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 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. 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 розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього і четвертого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів, а виходи підключені, відповідно,

UA 161698 U

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



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 України № 80568, МПК G 01 K 13/08, бюл. № 11, 2013], що містить об'єктив, за яким n дзеркал закріплені на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз, вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом аналого-цифрового перетворювача (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 η окремих інфрачервоних (ІЧ) 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 розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом АЦП, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів, а виходи підключені, відповідно, до перших входів четвертого і п'ятого елементів І, другі входи яких з'єднані, відповідно, з виходом дільника частоти, а виходи підключені, відповідно, до першого і другого входів лічильника, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього тригера, другий вхід якого підключений до четвертого виходу розподілювача тактів, а вихід з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входом розподілювача 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.

Найближчим аналогом є пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора [Патент України № 109068, МПК G01K13/08, бюл. № 15, 2016], що містить об'єктив, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів І, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподілювач тактів, два регістри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, індикатор, n дзеркал, n лінз, n окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний регістр, лічильник (в подальшому - перший лічильник), два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, АЦП, інтерфейсний блок, диференціюючий елемент та елемент НІ, причому за об'єктивом закріплені n дзеркал на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз та n окремих ІЧ-датчиків, відповідно, вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що

змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого 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 ІЧ 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 розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом АЦП, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього і четвертого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів, а виходи підключені, відповідно, до перших входів третього і четвертого елементів І, другі входи яких з'єднані, відповідно, з виходом дільника частоти, а виходи підключені, відповідно, до першого і другого входів першого лічильника, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом п'ятого елемента І, вихід якого підключений до першого входу розподілювача тактів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподілювача тактів та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента І.

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 об'єктив, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів І, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподілювач тактів, два регістри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, n дзеркал, n лінз, n окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний регістр, перший лічильник, два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, АЦП, інтерфейсний блок, диференціюючий елемент та елемент НІ, причому за об'єктивом закріплені n дзеркал на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз та n окремих інфрачервоних датчиків, відповідно, вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого 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 інфрачервоних 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 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 розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом АЦП, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього і четвертого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів, а виходи підключені, відповідно, до перших входів третього і четвертого елементів І, другі входи яких з'єднані, відповідно, з виходом дільника частоти, а виходи підключені, відповідно, до першого і другого входів першого лічильника, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом п'ятого елемента І, вихід якого підключений до першого входу розподілювача тактів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподілювача тактів та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента І, згідно з корисною моделлю, введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, п'ятий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом п'ятого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів шостого та сьомого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом восьмого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід восьмого елемента І підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого 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 восьмого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема, де 1 - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3 - n дзеркал; 4 - n лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка n ІЧ датчиків; 7 - диференціюючий елемент; 8 - блок задання положення; 9 - перший цифровий компаратор; 10 - перший елемент І; 11 - перший генератор імпульсів; 12 - перший тригер; 13 - другий елемент І; 14 - дільник частоти; 15 - буферний регістр; 16 - елемент НІ; 17 - датчик положення; 18 - другий генератор імпульсів; 19 - п'ятий елемент І; 20 - розподілювач тактів; 21 - перший регістр; 22 - другий регістр; 23 - цифровий суматор; 24 - блок задання швидкості; 25, 26 - третій та другий цифрові компаратори, відповідно; 27, 28, 29 - третій, четвертий і другий тригери, відповідно; 30, 31 - третій і четвертий елементи І, відповідно; 32 - другий лічильник; 33 - комутатор; 34 - АЦП; 35 - інтерфейсний блок; 36 - перший лічильник; 37 - блок пам'яті; 38 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 39, 40 - перший та другий керовані підсилювачі, відповідно; 41 - відеоконтрольний блок; 42 - третій лічильник; 43 - елемент АБО; 44 - п'ятий тригер; 45 - шостий елемент І; 46 - третій регістр; 47 - сьомий елемент І; 48 - четвертий регістр; 49 - четвертий цифровий компаратор; 50 - компаратор; 51 - восьмий елемент І; 52 - формувач імпульсів; 53 - четвертий лічильник; 54 - п'ятий регістр; 55 - цифровий індикатор, причому, за об'єктивом 2

закріплені n дзеркал 3 на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз 4 та лінійка n окремих ІЧ датчиків 6, відповідно, вихід дільника частоти 14 підключений до входу буферного регістра 15 та до першого входу відеоконтрольного блока 41, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 39 та другого 40 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 38, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 37, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 36, четвертий вхід відеоконтрольного блока 41 разом з першим входом АЦП 34 з'єднані з виходом комутатора 33, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 15, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ датчиків 6, вихідна цифрова шина АЦП 34 підключена через інтерфейсний блок 35 в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення 8 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 9, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 21 та другого 22 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 17, вихід першого цифрового компаратора 9 з'єднаний з першим входом першого елемента І 10, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера 29, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера 12, другий вхід якого підключений до другого виходу другого тригера 29, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора 26, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості 24, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора 23, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого 21 та другого 22 регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів 20, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера 29, вихід другого елемента 113 з'єднаний з другим входом АЦП 34, вихід першого тригера 12 підключений до першого входу другого елемента І 13, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів 11, а вихід підключений до входів дільника частоти 14, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 38 та комутатора 33, вихідні цифрові шини першого 21 та другого 22 регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора 25, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього 27 і четвертого 28 тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів 20, а виходи підключені, відповідно, до перших входів третього 30 і четвертого 31 елементів І, другі входи яких з'єднані, відповідно, з виходом дільника частоти 14, а виходи підключені, відповідно, до першого і другого входів першого лічильника 36, вихід другого генератора імпульсів 18 з'єднаний з першим входом п'ятого елемента І 19, вихід якого підключений до першого входу розподілювача тактів 20, вихід першого цифрового компаратора 9 з'єднаний зі входом диференціюючого елемента 7, вихід якого підключений до другого входу розподілювача тактів 20 та до входу елемента НІ 16, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента 119, вихід дільника частоти 14 з'єднаний зі входом п'ятого тригера 44, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів шостого 45 та сьомого 47 елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього 46 та четвертого 48 регістрів, а другі входи разом з другим входом восьмого елемента 151 підключені до виходу компаратора 50, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора 33, перший вхід восьмого елемента І 51 підключений до виходу четвертого цифрового компаратора 49, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього 46 та четвертого 48 регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника 32, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів 52 та входом п'ятого регістра 54 з'єднані з виходом елемента АБО 43, перший вхід якого підключений до виходу третього лічильника 42, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого лічильника 32, а другий вхід разом з другими входами другого лічильника 32 та елемента АБО 43 підключені до виходу першого цифрового компаратора 9, вихід формувача імпульсів 52 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 53, перший вхід якого підключений до виходу восьмого елемента І 51, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 54, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора 55, перший вхід другого лічильника 32 з'єднаний з виходом другого елемента 113, позицією 1 позначено ротор гідрогенератора.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення перший 11 та другий 18 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від

оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 2, через n дзеркал 3 та через n лінз 4 на оптичну лінійку 5 n ІЧ датчиків 6, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору лінійки n ІЧ датчиків 6 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 41 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 18 почергово на виходах розподілювача тактів 20 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподілювача тактів 20 в перший регістр 21 записується код з виходу датчика положення 17. В другий регістр 22 сигналом з другого виходу розподілювача тактів 20 записується інший код з виходу датчика положення 17. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 18, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора 1, що і визначається в цифровому суматорі 23 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 26, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора 1 з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 24. У випадку, коли коректно визначена швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 26 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподілювача тактів 20 записується в другий тригер 29. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Одночасно сигнали з виходів першого 21 та другого 22 регістрів надходять на входи третього цифрового компаратора 25, де відбувається визначення напряму обертання ротора гідрогенератора 1. Якщо обертання відбувається в одному напрямку, то, наприклад, на першому виході третього цифрового компаратора 25 з'являється сигнал логічної одиниці. Якщо ж обертання відбувається в іншому напрямку, то сигнал логічної одиниці з'являється на другому виході третього цифрового компаратора 25. Сигнали з першого і другого виходів третього цифрового компаратора 25 запам'ятовуються, відповідно, в третьому 27 і четвертому 28 тригерах під впливом сигналу з третього виходу розподілювача тактів 20. При цьому третій 30 або четвертий 31 елемент І відкривається та на один з входів першого лічильника 36 надходять імпульси з виходу дільника частоти 14. Таким чином враховується напрям обертання ротора гідрогенератора 1 при побудові теплового портрета останнього.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора 1 стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 29 з'являється сигнал логічного нуля, на його першому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 10. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 17 та з виходу блока задання положення 8 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 9 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент 110 встановлюється в одиничний стан перший тригер 12. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 11 через другий елемент І 13 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 41.

Коректність вимірювання швидкості обертання ротора гідрогенератора 1 забезпечується так. В момент появи сигналу логічної одиниці на виході першого цифрового компаратора 9 на виході диференціюючого елемента 7 з'являється короткий імпульс, яким встановлюється у початкове положення розподілювач тактів 20. В цей момент через елемент НІ 16 п'ятий елемент І 19 закривається і подача імпульсів з другого генератора імпульсів 18 в розподілювач тактів 20 блокується. Після завершення імпульсу з виходу диференціюючого елемента 7 робота розподілювача тактів 20 розпочинається спочатку. Така дія дозволяє уникнути ситуації, коли, наприклад, при умовному обертанні "вперед" в перший регістр 21 з датчика положення 17 записується код, який має значення, близьке до максимального, а в другий регістр 22 записується код, значення якого дещо більше за початкове. При цьому обчислення швидкості ротора гідрогенератора 1 буде некоректним.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора 1 вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 11, що пов'язано співвідношенням $f_1/n=\omega/(2\pi\cdot m)$, де $m=360°/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору лінійки n ІЧ датчиків 6, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 14, що відповідає кількості окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,…,6.n. Отже, з частотою f_1/n, при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 14 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 15 на час $\Delta T=n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,…,6.n. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок

поверхні об'єкта (кількість таких ділянок N=n·m). Комутатором 33 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 15 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 33 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 41 і на вхід АЦП 34, в якому він перетворюється в цифрову форму та через інтерфейсний блок 35 передається в ЕОМ.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 38, перший 39 та другий 40 керовані підсилювачі і блок пам'яті 37 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 41. Сигнал частотою f_1, що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 38, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 39 і другого 40 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 37. При цьому коефіцієнти підсилення першого 39 та другого 40 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 $i = 0,n$, $j = 0,m$.

На вхід блока пам'яті 37 сигнали надходять з першого лічильника 36, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m. В результаті на екрані відеоконтрольного блока 41 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 14 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

Очевидно, що згідно запропонованого алгоритму сканування ротора гідрогенератора 1 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 1 в процесі його роботи.

Ідентифікація витка обмотки з підвищеною температурою ротора гідрогенератора 1 здійснюється так. Нагадаємо, що на виході дільника частоти 14 сигнал з'являється кожен раз, коли закінчується сканування вздовж лінійки окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - 6.n. По кожному імпульсу з виходу дільника частоти 14 п'ятий тригер 44 кожен раз перемикається з одного положення в інше.

В період, коли ротор обертається з номінальною швидкістю, на виході другого елемента І 13 встановлюється послідовність імпульсів, яка формується першим генератором імпульсів 11, і ці імпульси надходять на перший вхід другого лічильника 32, внаслідок чого на його виході нарощується цифровий код від нульового значення до максимального, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - 6.n. Послідовно за ним ввімкнений третій лічильник 42, коефіцієнт ділення якого відповідає розміру одного полюса обмотки ротора гідрогенератора 1 в перерахунку на кількість секторів його сканування.

Якщо на виході одного з окремих інфрачервоних сенсорів 6.1 - 6.n з'являється підвищене значення напруги, що відповідає підвищеній температурі фрагменту поверхні обмотки ротора гідрогенератора 1, то на виході компаратора 50 формується імпульс, який подається на шостий 45 та сьомий 47 елементи І. Залежно від положення п'ятого тригера 44 логічний сигнал з'являється або на першому, або на другому його виходах. Внаслідок цього цифровий код, що відповідає номеру інфрачервоного сенсора в лінійці 6 окремих інфрачервоних датчиків 6.1 - 6.n, з виходу другого лічильника 32 надходить на входи третього 46 та четвертого 48 регістрів. І коли під дією п'ятого тригера 44 та компаратора 50 відкривається шостий 45 та сьомий 47 елементи І, то цифровий код з виходу другого лічильника 32 заноситься в третій 46 та четвертий 48 регістри. Зазначимо, що при ввімкненні пристрою, коли в третьому 46 та четвертому 48 регістрах записаний нульовий цифровий код, при запису цифрового коду з виходу другого лічильника 32 в третій 46 або четвертий 48 регістри на виході четвертого цифрового компаратора 49 присутній сигнал логічного нуля.

При скануванні наступного сектора поверхні полюса ротора гідрогенератора 1, тобто коли тим же інфрачервоним сенсором, що і в попередньому скануванні, фіксується підвищена температура, то в третій 46 або четвертий 48 регістри (в той, в якому записаний нульовий цифровий код) заноситься цифровий код з виходу другого лічильника 32, який співпадає з кодом, записаним при попередньому скануванні, і на виході четвертого цифрового компаратора 49 з'являється сигнал, що надходить на перший вхід восьмого елемента 151. При цьому на його другому вході присутній сигнал з виходу компаратора 50, внаслідок чого на перший вхід четвертого лічильника 53 надходить імпульс, яким нарощується в ньому цифровий код, що свідчить про наявність підвищеної температури в сусідніх секторах в одному витку полюса обмотки ротора гідрогенератора.

Таке сканування та відповідна обробка інформації здійснюється над кожним полюсом обмотки ротора гідрогенератора 1 протягом повного оберту ротора гідрогенератора 1, внаслідок чого однаковий цифровий код періодично з виходу другого лічильника 32 заноситься почергово то в третій 46, то в четвертий 48 регістри (за умови, що існує область підвищеної температури одного витка полюса обмотки ротора). Після завершення сканування одного полюсу обмотки на виході третього лічильника 42 з'являється імпульс, яким через елемент АБО 43 обнуляються третій 46 та четвертий 48 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 53 переноситься в п'ятий регістр 54 і по завершенню імпульсу на виході формувача імпульсів 52 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 53.

Після цього розпочинається сканування другого полюсу обмотки ротора гідрогенератора.

Після завершення сканування всіх полюсів обмотки ротора гідрогенератора 1 на виході першого цифрового компаратора 9 з'являється імпульс, яким обнуляється другий 32 та третій 42 лічильники і через елемент АБО 43 обнуляються третій 46 та четвертий 48 регістри. Цим же сигналом цифровий код з виходу четвертого лічильника 53 переноситься в п'ятий регістр 54 і по завершенню імпульсу на виході формувача імпульсів 52 з'являється сигнал, яким обнуляється четвертий лічильник 53.

Цифровий код з виходу п'ятого регістра 54 заноситься в цифровий індикатор 55, на якому почергово відображається довжина області підвищеної температури вздовж одного витка кожного полюсу обмотки ротора гідрогенератора 1, що і є сигналом для обслуговуючого персоналу щодо можливості подальшої експлуатації гідрогенератора.

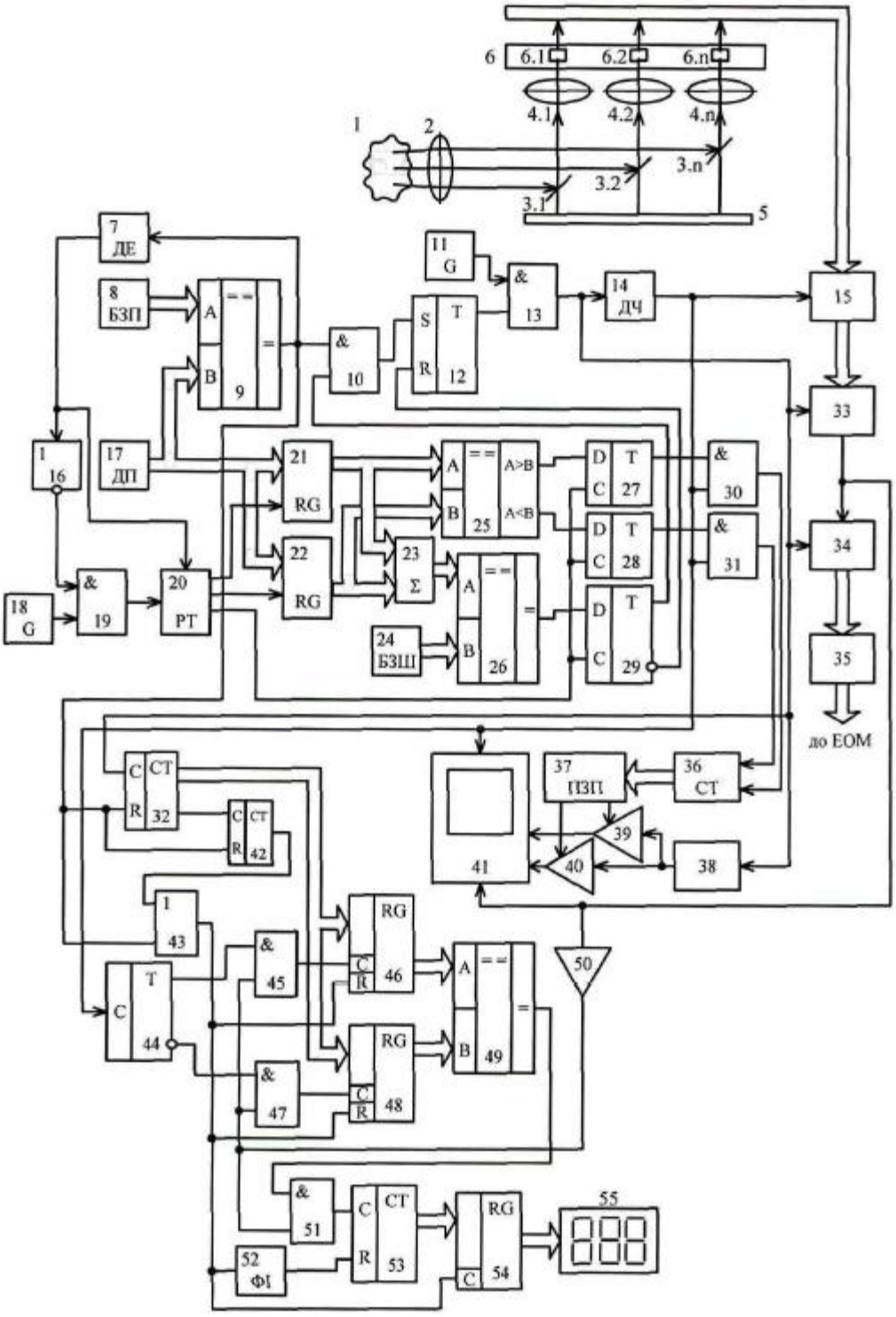
У разі, коли підвищену температуру має тільки фрагмент ізоляції витка полюса обмотки в цифровому індикаторі 55 фіксується число, що підтверджує виникнення локальної області підвищеної температури.

Цикл сканування поверхні ротора гідрогенератора повторюється.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування обмоток ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, два генератори імпульсів, дільник частоти, п'ять елементів І, три цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, розподілювач тактів, два регістри, цифровий суматор, чотири тригери, блок задання швидкості, n дзеркал, n лінз, n окремих інфрачервоних датчиків інфрачервоного приймача, комутатор, буферний регістр, перший лічильник, два керованих підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, диференціюючий елемент та елемент НІ, причому за об'єктивом закріплені n дзеркал на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз та n окремих інфрачервоних датчиків, відповідно, вихід дільника частоти підключений до входу буферного регістра та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого 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, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача 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 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 розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого елемента І з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід першого тригера підключений до першого

входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, та комутатора, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів третього і четвертого тригерів, другі входи яких з'єднані з третім виходом розподілювача тактів, а виходи підключені, відповідно, до перших входів третього і четвертого елементів І, другі входи яких з'єднані, відповідно, з виходом дільника частоти, а виходи підключені, відповідно, до першого і другого входів першого лічильника, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом п'ятого елемента І, вихід якого підключений до першого входу розподілювача тактів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподілювача тактів та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого елемента І, який **відрізняється** тим, що введено три лічильники, три регістри, три елементи І, елемент АБО, п'ятий тригер, компаратор, четвертий цифровий компаратор, формувач імпульсів та цифровий індикатор, причому вихід дільника частоти з'єднаний зі входом п'ятого тригера, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів шостого та сьомого елементів І, виходи яких з'єднані з першими входами третього та четвертого регістрів, а другі входи разом з другим входом восьмого елемента І підключені до виходу компаратора, вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, перший вхід восьмого елемента І підключений до виходу четвертого цифрового компаратора, перша та друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами третього та четвертого регістрів, вхідні цифрові шини яких підключені до вихідної цифрової шини другого лічильника, а другі входи яких разом з входом формувача імпульсів та входом п'ятого 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 восьмого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифрового індикатора, перший вхід другого лічильника з'єднаний з виходом другого елемента І.



Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601