



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **156920** (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 2024 00022	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Чорний Олексій Петрович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Мошноріз Микола Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 02.01.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 22.08.2024	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця 21021 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 21.08.2024, Бюл.№ 34	

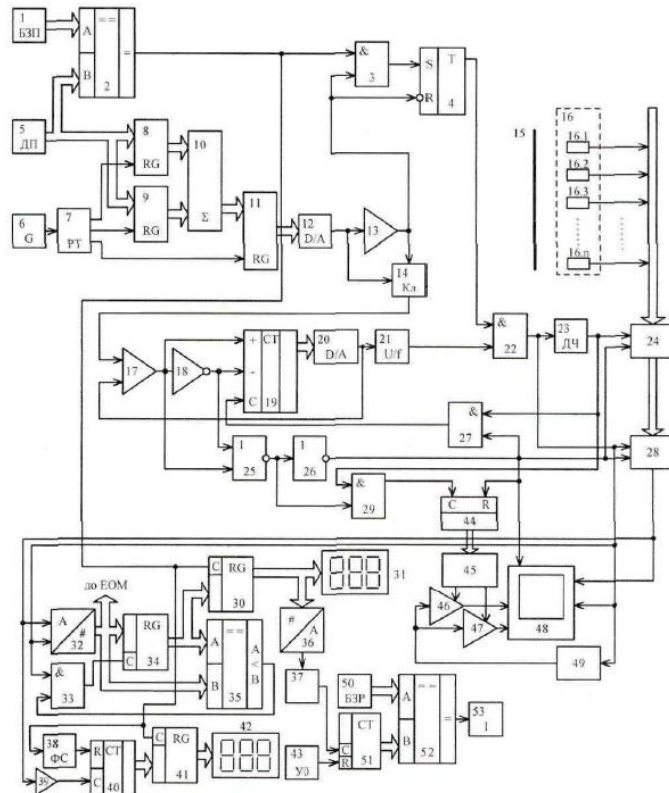
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить η окремих інфрачервоних сенсорів, перший перетворювач напруга-частота, два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподільувач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійно запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач, п'ять елементів I, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, формувач сигналу та два цифрові індикатори. Виходи η окремих інфрачервоних сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента I та до входу елемента Ш, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, відеоконтрольного блока, другого елемента I та першого лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною постійно запам'ятовуючого блока, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента I та другого елемента I, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого цифро-аналогового перетворювача, вихід першого елемента I підключений до першого входу першого лічильника, 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 третього елемента I, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого цифро-аналогового перетворювача, вихід генератора імпульсів підключений до входу

UA 156920 U

розподільвача тактів, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого, другого та третього регістрів, відповідно, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів підключені відповідно до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого цифро-аналогового перетворювача, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхід якого разом зі входом першого перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого цифро-аналогового перетворювача, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, з першим входом комутатора, з другим входом аналого-цифрового перетворювача та з п'ятим входом відеоконтрольного блока, вихід комутатора підключений до першого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого елемента І, а вихід підключений до входу четвертого регістра, вихід комутатора з'єднаний зі входом третього компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами п'ятого та шостого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини п'ятого та шостого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів. В нього введено третій цифро-аналоговий перетворювач, другий перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, третій лічильник, третій цифровий компаратор, блок задання ресурсу та індикатор. Вихідна цифрова шина четвертого регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до входу другого перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена в кола ЕОМ.



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

5 Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 68779, МПК G01K 13/08, бюл. № 7, 2012), що містить об'єктів, інфрачервоний приймач, що містить n окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота, виходи n окремих ІЧ сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першими входами відеоконтрольного блока (ВКБ) та аналого-цифрового перетворювача (АЦП), вихідна шина 10 якого підключена до вхідної шини інтерфейсного блока, вихідна шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, ВКБ, другого елемента І та лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною постійно запам'ятовуючого блока (ПЗБ), перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керуючих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до 15 третього і четвертого входів ВКБ, вихід дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), вихід першого елемента І підключений до першого входу лічильника, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента І, другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу 20 другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого ЦАП, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподільювача тактів, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого, другого та третього регістрів, відповідно, вихідні шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого ЦАП, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого 35 компаратора, другий вхід якого разом зі входом перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого ЦАП, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом АЦП та з п'ятим входом ВКБ.

40 Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати за тепловим портретом витрачання ресурсу ізоляції обмоток ротора гідрогенератора в процесі його роботи, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами.

45 Найближчим аналогом до корисної моделі вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 127574, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 15, 2018), що містить об'єктів, інфрачервоний приймач, що містить n окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота (в подальшому - перший перетворювач напруга-частота), два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподільювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійно запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, два аналого-цифрових перетворювачі, інтерфейсний блок, п'ять елементів І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, формувач сигналу та два цифрові індикатори, причому виходи n окремих ІЧ сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом першого АЦП, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу 50 першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами 60

буферного регістра, комутатора, ВКБ, другого елемента I та першого лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною ПЗБ, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКБ, вихід дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента I та другого елемента I, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП, вихід першого елемента I підключений до першого входу першого лічильника, 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 третього елемента I, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого ЦАП, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого, другого та третього регістрів відповідно, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого ЦАП, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхід якого разом зі входом першого перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого ЦАП, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента I, другий вхід якого підключений до виходу першого перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, з входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом першого АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихід комутатора підключений до першого входу ВКБ, вихідна цифрова шина першого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною інтерфейсного блока, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина другого АЦП з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною другого АЦП, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента I, перший вхід якого разом з другим входом другого АЦП з'єднані з виходом четвертого елемента I, а вихід підключений до входу четвертого регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП та зі входом третього компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами п'ятого та шостого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини п'ятого та шостого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати та оцінювати за тепловим портретом витрачання ресурсу ізоляції обмоток ротора гідрогенератора в процесі його роботи, що звужує функціональні можливості пристрою в задачі спостереження за об'єктами, що обертаються, зокрема потужними електричними машинами, та не дозволяє оцінювати стан роботоздатності об'єкта дослідження.

В основу корисної моделі поставлена задача створення пристрою для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі вимірювати та оцінювати за тепловим портретом витрачання ресурсу ізоляції обмоток ротора гідрогенератора, що розширює функціональні можливості пристрою та дозволяє оцінювати стан роботоздатності об'єкта дослідження.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить η окремих інфрачервоних сенсорів, перший перетворювач напруга-частота, два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподільвач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійно запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач, п'ять елементів I, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, формувач сигналу та два

цифрові індикатори, причому виходи η окремих інфрачервоних сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента Ш, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, відеоконтрольного блока, другого елемента І та першого лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною постійно запам'ятовуючого блока, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керування підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра, першого елемента І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого цифро-аналогового перетворювача, вихід першого елемента І підключений до першого входу першого лічильника, 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 третього елемента І, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого цифро-аналогового перетворювача, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого, другого та третього регістрів відповідно, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого цифро-аналогового перетворювача, вихід електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхід якого разом з виходом першого перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого цифро-аналогового перетворювача, вихід тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого перетворювача напруга-частота, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, з першим входом комутатора, з другим входом аналого-цифрового перетворювача та з п'ятим входом відеоконтрольного блока, вихід комутатора підключений до першого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого елемента І, а вихід підключений до входу четвертого регістра, вихід комутатора з'єднаний зі входом третього компаратора, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу, вхід якого разом зі входами п'ятого та шостого регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідні цифрові шини п'ятого та шостого регістрів підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого та другого цифрових індикаторів, згідно з корисною моделлю, в нього введено третій цифро-аналоговий перетворювач, другий перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, третій лічильник, третій цифровий компаратор, блок задання ресурсу та індикатор, причому вихідна цифрова шина четвертого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною третього цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до входу другого перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена в кола ЕОМ.

Суть корисної моделі пояснює креслення, на якому зображений пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора.

На схемі: 1 - блок задання положення; 2 - перший цифровий компаратор; 3 - третій елемент 1; 4 - тригер; 5 - датчик положення; 6 - генератор імпульсів; 7 - розподільувач тактів; 8, 9 - перший та другий регістри; 10 - цифровий суматор; 11 - третій регістр; 12 - другий цифро-аналоговий перетворювач; 13 - другий компаратор; 14 - електронний ключ; 15 - об'єктив; 16 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів 16.1...16.n; 17 - перший компаратор; 18 - інвертор; 19 - реверсивний лічильник; 20 - перший цифро-аналоговий перетворювач; 21 - перший перетворювач напруга-частота; 22 - четвертий елемент I; 23 - дільник частоти; 24 - буферний регістр; 25 - елемент АБО-НІ; 26 - елемент НІ; 27 - другий елемент I; 28 - комутатор; 29 - перший елемент I; 30 - п'ятий регістр; 31 - перший цифровий індикатор; 32 - аналого-цифровий перетворювач; 33 - п'ятий елемент I; 34 - четвертий регістр; 35 - другий цифровий компаратор; 36 - третій цифро-аналоговий перетворювач; 37 - другий перетворювач напруга-частота; 38 - формувач сигналу; 39 - третій компаратор; 40 - другий лічильник; 41 - шостий регістр; 42 - другий цифровий індикатор; 43 - блок установки нуля; 44 - перший лічильник; 45 - постійно запам'ятовуючий блок; 46, 47 - перший та другий керовані підсилювачі; 48 - відеоконтрольний блок; 49 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 50 - блок задання ресурсу; 51 - третій лічильник; 52 - третій цифровий компаратор; 53 - індикатор, причому виходи n окремих ІЧ сенсорів 16.1...16.n з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 24, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора 28, вихід якого з'єднаний з першим входом АЦП 32, вихід першого компаратора 17 підключений до перших входів реверсивного лічильника 19, елемента АБО-НІ 25 та до входу інвертора 18, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника 19 та елемента АБО-НІ 25, вихід якого підключений до другого входу першого елемента I 29 та до входу елемента НІ 26, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра 24, комутатора 28, ВКБ 48, другого елемента I 27 та першого лічильника 44, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною ПЗБ 45, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого 46 і другого 47 керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 49, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів ВКБ 48, вихід дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного регістра 24, першого елемента I 29 та другого елемента I 27, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника 19, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП 20, вихід першого елемента I 29 підключений до першого входу першого лічильника 44, вихідна цифрова шина блока задання положення 1 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 2, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 8 та другого 9 регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення 5, вихід першого цифрового компаратора 2 з'єднаний з першим входом третього елемента I 3, вихід якого підключений до першого входу тригера 4, а другий вхід якого разом з другими входами тригера 4 та електронного ключа ІЧ підключені до виходу другого компаратора 13, вхід якого разом з першим входом електронного ключа ІЧ з'єднані з виходом другого ЦАП 12, вихід генератора імпульсів 6 підключений до входу розподільувача тактів 7, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого 8, другого 9 та третього 11 регістрів, відповідно, вихідні цифрові шини першого 8 та другого 9 регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора 10, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього регістра 11, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого ЦАП 12, вихід електронного ключа ІЧ з'єднаний з першим входом першого компаратора 17, другий вхід якого разом зі входом першого перетворювача напруга-частота 21 підключені до виходу першого ЦАП 20, вихід тригера 4 з'єднаний з першим входом четвертого елемента I 22, другий вхід якого підключений до виходу першого перетворювача напруга-частота 21, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти 23, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 49, з першим входом комутатора 28, з другим входом АЦП 32 та з п'ятим входом ВКБ 48, вихід комутатора 28 підключений до першого входу ВКБ 48, вихідна цифрова шина АЦП 32 з'єднана з вхідною цифровою шиною четвертого регістра 34, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра 30 та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 35, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 32, а вихід підключений до другого входу п'ятого елемента I 33, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого елемента I 22, а вихід підключений до входу четвертого регістра 34, вихід комутатора 28 з'єднаний зі входом третього компаратора 39, вихід якого підключений до першого входу другого лічильника 40, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною шостого регістра 41, а другий вхід підключений до виходу формувача сигналу 38, вхід якого разом зі входами п'ятого 30 та шостого 41 регістрів з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 2, вихідні цифрові шини п'ятого 30 та шостого 41 регістрів

підключені, відповідно, до вхідних цифрових шин першого 31 та другого 42 цифрових індикаторів, вихідна цифрова шина п'ятого регістра 30 з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього цифро-аналогового перетворювача 36, вихід якого підключений до входу другого перетворювача напруга-частота 37, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника 51, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 43, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора 52, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 50, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 53, вихідна цифрова шина АЦП 32 підключена в кола ЕОМ.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення генератор імпульсів 6 починає формувати послідовність імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 43 третій лічильник 51 скидається. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 15 на лінійку n окремих ІЧ сенсорів 16.1 - 16.n ІЧ-приймача 16, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору ІЧ-приймача 16 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 обертається з малою швидкістю, то на екран ВКБ 48 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом сигналів генератора імпульсів 6 по чергово на виходах розподільвача тактів 7 формуються імпульси. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 7 в перший регістр 8 записується код з виходу датчика положення 5. В другий регістр 9 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 7 записується інший код з виходу датчика положення 5. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується генератором імпульсів 6, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 10 та записується в третьому регістрі 11 сигналом з третього виходу розподільвача тактів 7. Другий ЦАП 12 здійснює перетворення значення швидкості обертання ротора гідрогенератора з цифрової форми в аналогову. Якщо значення швидкості менше порогу, заданого другим компаратором 13, то пристрій знаходиться в стані очікування і тепловий портрет ротора не фіксується. Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора перевищує поріг спрацьовування другого компаратора 13, то на його виході встановлюється сигнал логічної одиниці, яким розблоковується тригер 4 та відкривається третій елемент ІЗ і електронний ключ ІЧ.

В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 5 та з виходу блока задання положення 1 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 2 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через третій елемент ІЗ встановлюється в одиничний стан тригер 4. Внаслідок цього імпульси з виходу першого перетворювача напруга-частота 21 через четвертий елемент І22 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані ВКБ 48.

Частота сигналу формування теплового портрета об'єкта залежно від швидкості його обертання визначається наступним чином. З виходу електронного ключа ІЧ сигнал надходить на перший вхід першого компаратора 17, на другий вхід якого надходить сигнал з виходу першого ЦАП 20, який відповідає цифровому коду на виході реверсивного лічильника 19. Якщо сигнал на першому вході першого компаратора 17 більший, то на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на перший вхід реверсивного лічильника 19. На другому його вході присутній сигнал логічного нуля, оскільки сигнал логічної одиниці з виходу першого компаратора 17 проходить через інвертор 18. При цьому сигнали логічного нуля та одиниці з виходів, відповідно, інвертора 18 та першого компаратора 17 надходять на другий і перший входи елемента АБО-НІ 25, на виході якого з'являється сигнал логічного нуля. Сигнал логічного нуля з виходу елемента АБО-НІ 25 через елемент НІ 26 у вигляді сигналу логічної одиниці надходить на другий вхід другого елемента І27, на перший вхід якого надходять імпульси з виходу дільника частоти 23, оскільки на вхід останнього через відкритий четвертий елемент І22 надходять імпульси з виходу першого перетворювача напруга-частота 21. При цьому на виході другого елемента І27 формуються імпульси, які надходять на третій вхід реверсивного лічильника 19, цифровий код на виході якого починає збільшуватись. Зростає також і напруга на виході першого ЦАП 20 до тих пір, доки сигнали на входах першого компаратора 17 не зрівняються. Одночасно зростає також і напруга на вході першого перетворювача напруга-частота 21, що призводить до зростання частоти імпульсів, що формуються на його виході.

В момент зрівняння сигналів на входах першого компаратора 17 на його виході встановлюється нульовий сигнал. При цьому на виході елемента АБО-НІ 25 з'являється сигнал

логічної одиниці (на виході інвертора 18 присутній також нульовий сигнал), який відкриває перший елемент І 29, а через елемент НІ 26 закриває другий елемент І 27 та розблоковує роботу першого лічильника 44, буферного регістра 24, комутатора 28 та ВКБ 48. Подача імпульсів в реверсивний лічильник 19 припиняється, а код, що записаний в ньому, забезпечує коректну роботу блоків щодо виведення теплового зображення ротора гідрогенератора при відповідній швидкості його обертання.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 першого перетворювача напруга-частота 21, що пов'язано співвідношенням $f_1/n=\omega/(2\pi\cdot m)$, де $m=360^\circ/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору ІЧ приймача 16, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 23, що відповідає кількості окремих ІЧ сенсорів ІЧ приймача 16. Отже, з частотою f_1/n , при поточній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 23 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 24 на час $\Delta T=n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих ІЧ сенсорів ІЧ приймача 16. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n\cdot m$). Комутатором 28 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 24 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 28 потрапляє на вхід ВКБ 48 і на вхід АЦП 32, в якому він перетворюється в цифрову форму.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 49, перший 46 та другий 47 керовані підсилювачі і ПЗБ 45 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 48. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 49, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 46 і другого 47 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 45. При цьому коефіцієнти підсилення першого 46 та другого 47 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 5. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На вхід ПЗБ 45 сигнали надходять з першого лічильника 44, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює t . В результаті на екрані ВКБ 48 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу синхронізації (з виходу першого перетворювача напруга-частота 21) формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Визначення найбільш нагрітої точки обмотки ротора гідрогенератора в процесі його роботи відбувається наступним чином. Послідовність сигналів з виходу комутатора 28 потрапляє на перший вхід АЦП 32, в якому по сигналу з першого перетворювача напруга-частота 21 через четвертий елемент І 22 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в другому цифровому компараторі 35 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 32 та нульового коду, записаного в четвертому регістрі 34. При цьому на виході другого цифрового компаратора 35 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається п'ятий елемент І 33 і по сигналу з виходу четвертого елемента І 22 цифровий код з виходу другого АЦП 32 записується в четвертий регістр 34. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 32 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в четвертому регістрі 34. І якщо цифровий код на виході АЦП 32 перевищує код, записаний в четвертому регістрі 34, то відбувається перезапис коду в четвертий регістр 34. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок обмотки ротора гідрогенератора, в четвертому регістрі 34 зберігається код, що відповідає найвищій температурі обмотки ротора. По завершенню повного оберту ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 2 з'являється імпульс, яким інформація з четвертого регістра 34 переписується в п'ятий регістр 30 та виводиться на перший цифровий індикатор 31.

Розмір області підвищеної температури обмотки ротора здійснюється так. Інформаційний сигнал з комутатора 28, що надходить на вхід третього компаратора 39, залежно від значення вимірюваної температури, на його виході перетворюється в логічний сигнал нуля або одиниці та у вигляді імпульсів подається на вхід другого лічильника 40, яким підраховується кількість точок теплового портрета ротора гідрогенератора, температура яких перевищує значення, що визначається порогом спрацьовування третього компаратора 39. По завершенню сканування всіх точок теплового портрета обмотки ротора гідрогенератора на виході першого цифрового компаратора 2 з'являється імпульс, яким дані з другого лічильника 40 (кількість точок з підвищеною температурою) переносяться в шостий регістр 41 та відображаються на другому

цифровому індикаторі 42. По закінченні імпульсу з виходу першого цифрового компаратора 2 на виході формувача сигналу 38 з'являється короткий імпульс, яким другий лічильник 40 обнуляється. Число, що записане в шостому регістрі 41, свідчить про розмір локальної області підвищеної температури обмотки ротора гідрогенератора, за яким оперативний персонал

5 приймає рішення про роботоздатність гідрогенератора.

Очевидно, що, згідно із запропонованим алгоритмом, сканування ротора гідрогенератора здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j . Коли закінчено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j , здійснюється сканування n точок, що лежать на радіусі R_{j+1} . Так знаходиться

10 кругова розгортка всього теплового зображення ротора гідрогенератора в процесі його роботи. Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, залежно від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. В момент запису цифрового коду в четвертий регістр 34 цифровий код з його виходу надходить на вхід третього цифро-аналогового перетворювача 36, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід другого

15 перетворювача напруга-частота 37. З виходу останнього послідовність імпульсів надходить в третій лічильник 51 - лічильник відпрацьованого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, який накопичується за кожен оберт ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Зауважимо, що температура в місці нагріву ізоляції обмотки ротора гідрогенератора може змінюватись, а, отже, буде змінюватись і частота надходження імпульсів в третій лічильник 51, яка залежить від значення аналогового сигналу, що відповідає температурі елементарної

20 ділянки поверхні ротора гідрогенератора і передається за допомогою відповідного інфрачервоного датчика.

У випадку, коли ресурс роботи ізоляції ротора, що залежить від температури, вичерпується цифровий код на виході третього лічильника 51 досягає значення, записаного в блоці задання ресурсу 50. При цьому на виході третього цифрового компаратора 52 з'являється сигнал

25 логічної одиниці, яким вмикається індикатор 53, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора.

Якщо швидкість обертання ротора гідрогенератора змінюється, наприклад зменшується, то на першому вході першого компаратора 17 сигнал зменшується, на його виході встановлюється

30 сигнал логічної одиниці і реверсивний лічильник 19 починає зменшувати записаний в ньому код до моменту зрівняння сигналів на входах першого компаратора 17. В період узгодження швидкості обертання ротора гідрогенератора з частотою синхронізації пристрою виведення теплового зображення на ВКБ 48 блокується.

Перший перетворювач напруга-частота 21 реалізований таким чином, що при наявності на

35 його вході сигналу нульового значення на його виході присутні імпульси з заданою мінімальною частотою слідування.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

40 Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, перший перетворювач напруга-частота, два цифрові компаратори, датчик положення, блок задання положення, шість регістрів, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів,

45 постійно запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач, п'ять елементів I, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, три компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти, буферний

50 регістр, комутатор, формувач сигналу та два цифрові індикатори, причому виходи η окремих інфрачервоних сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першим входом аналого-

цифрового перетворювача, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з

55 другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента I та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, відеоконтрольного блока, другого елемента I та першого лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною постійно запам'ятовуючого

60 блока, перший і другий виходи якого підключені, відповідно, до других входів першого і другого керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а виходи підключені, відповідно, до третього і четвертого входів відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти з'єднаний з першими входами буферного

регiстра, першого елемента I та другого елемента I, вихiд якого пiдключений до третього входу реверсивного лiчильника, вихiдна шина якого з'єднана з вхiдною шиною першого цифро-аналогового перетворювача, вихiд першого елемента I пiдключений до першого входу першого лiчильника, вихiдна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхiдною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхiдна цифрова шина якого разом з вхiдними цифровими шинами першого та другого регiстрiв пiдключенi до вихiдної цифрової шини датчика положення, вихiд першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента I, вихiд якого пiдключений до першого входу тригера, а другий вхiд якого разом з другими входами тригера та електронного ключа пiдключенi до виходу другого компаратора, вхiд якого разом з першим входом електронного ключа з'єднанi з виходом другого цифро-аналогового перетворювача, вихiд генератора iмпульсiв пiдключений до входу розподiлювача тактiв, перший, другий та третiй виходи якого з'єднанi зi входами першого, другого та третього регiстрiв, вiдповiдно, вихiднi цифровi шини першого та другого регiстрiв пiдключенi, вiдповiдно, до першої та другої вхiдних шин цифрового суматора, вихiдна цифрова шина якого з'єднана зi вхiдною цифровою шиною третього регiстра, вихiдна цифрова шина якого пiдключена до вхiдної цифрової шини другого цифро-аналогового перетворювача, вихiд електронного ключа з'єднаний з першим входом першого компаратора, другий вхiд якого разом зi входом першого перетворювача напруга-частота пiдключенi до виходу першого цифро-аналогового перетворювача, вихiд тригера з'єднаний з першим входом четвертого елемента I, другий вхiд якого пiдключений до виходу першого перетворювача напруга-частота, а вихiд з'єднаний зi входами дiльника частоти, генератора напруги, що змiнюється ступiнчасто, з першим входом комутатора, з другим входом аналого-цифрового перетворювача та з п'ятим входом вiдеоконтрольного блока, вихiд комутатора пiдключений до першого входу вiдеоконтрольного блока, вихiдна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана з вхiдною цифровою шиною четвертого регiстра, вихiдна цифрова шина якого пiдключена до вхiдної цифрової шини п'ятого регiстра та до першої вхiдної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхiдна цифрова шина якого з'єднана з вихiдною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, а вихiд пiдключений до другого входу п'ятого елемента I, перший вхiд якого з'єднаний з виходом четвертого елемента I, а вихiд пiдключений до входу четвертого регiстра, вихiд комутатора з'єднаний зi входом третього компаратора, вихiд якого пiдключений до першого входу другого лiчильника, вихiдна цифрова шина якого з'єднана з вхiдною цифровою шиною шостого регiстра, а другий вхiд пiдключений до виходу формувача сигналу, вхiд якого разом зi входами п'ятого та шостого регiстрiв з'єднанi з виходом першого цифрового компаратора, вихiднi цифровi шини п'ятого та шостого регiстрiв пiдключенi, вiдповiдно, до вхiдних цифрових шин першого та другого цифрових iндикаторiв, який **вiдрiзняється** тим, що в нього введено третiй цифро-аналоговий перетворювач, другий перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, третiй лiчильник, третiй цифровий компаратор, блок задання ресурсу та iндикатор, причому вихiдна цифрова шина четвертого регiстра з'єднана зi вхiдною цифровою шиною третього цифро-аналогового перетворювача, вихiд якого пiдключений до входу другого перетворювача напруга-частота, вихiд якого з'єднаний з першим входом третього лiчильника, другий вхiд якого пiдключений до виходу блока установки нуля, а вихiдна цифрова шина з'єднана з другою вхiдною цифровою шиною третього цифрового компаратора, перша вхiдна цифрова шина якого пiдключена до вихiдної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихiд з'єднаний зi входом iндикатора, вихiдна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача пiдключена в кола EOM.

