



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154433** (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

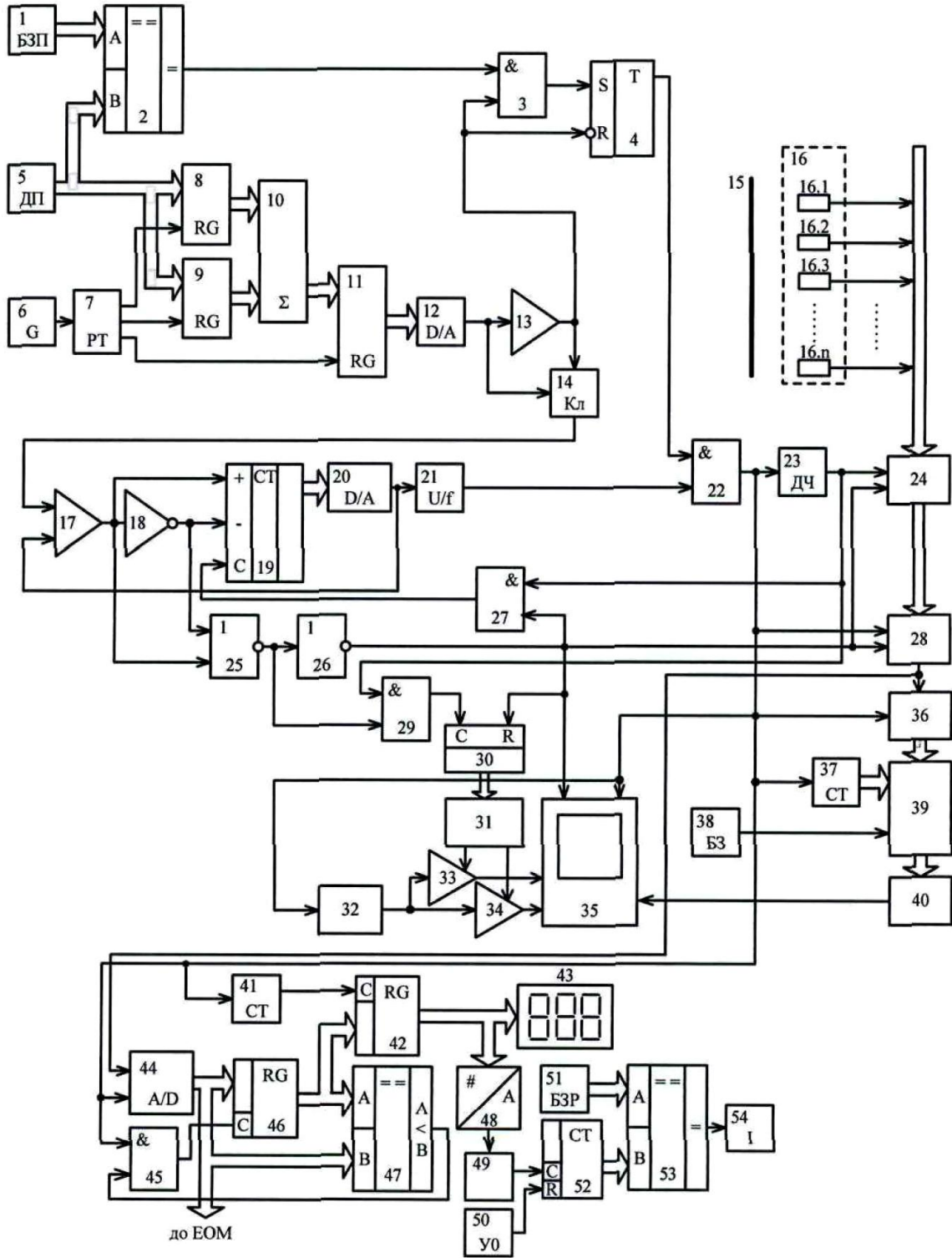
<p>(21) Номер заявки: u 2023 01402</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.04.2023</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 16.11.2023</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 15.11.2023, Бюл.№ 46</p>	<p>(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Розводюк Катерина Михайлівна (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</p>
---	---

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, блок синхронізації, блок обробки сигналу, відеоконтрольний блок. Потік інфрачервоного випромінювання, що створюється поверхнею контрольованого об'єкта, через об'єктив потрапляє на інфрачервоний приймач, звідки сигнал через блок обробки подається на відеоконтрольний блок. Передбачена можливість здійснювати багаторазове виведення одного і того ж масиву даних для відтворення теплового зображення на екрані відеоконтрольного блока. Окремо обрховується спрацьовування ресурсу ізоляції залежно від ступеня впливу температури ротора. Корисна модель надає 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.

UA 154433 U



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

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 68779, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 7, 2012), що містить об'єктів, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних (ІЧ) сенсорів, перетворювач напруга-частота, виходи п 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 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 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 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 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 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.

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.

Як найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 68779, М. кл. G01K 13/08, бюл. № 7, 2012), що містить об'єктів, інфрачервоний приймач, що містить п окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота (в подальшому - перший перетворювач напруга-частота), цифровий компаратор (в подальшому - перший цифровий компаратор), датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподільвач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач (в подальшому - перший АЦП), інтерфейсний блок, блок запуску, буфер даних, чотири елементи І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, три цифро-аналогові перетворювачі, два компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти, буферний регістр та комутатор, причому виходи п 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

першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, ВКБ, другого елемента І 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 І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП, 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 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 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 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 другим входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом першого АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихід інтерфейсного блока підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина першого АЦП з'єднана з першою вхідною цифровою шиною буфера даних, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього ЦАП, вихід якого з'єднаний з першим входом ВКБ, вихід блока запуску підключений до входу буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого лічильника, вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І, вихід комутатора з'єднаний з першим входом інтерфейсного блока.

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 в пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих ІЧ сенсорів, перший перетворювач напруга-частота, перший цифровий компаратор, датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподільвач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, перший АЦП, блок запуску, буфер даних, чотири елементи І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, три цифро-аналогові перетворювачі, два компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти, буферний регістр та комутатор, 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 першого елемента І та до входу елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра, комутатора, ВКБ, другого елемента І 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

5 елемента І та другого елемента І, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП, 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

10 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 ЦАП, вихід генератора імпульсів

15 підключений до входу розподільвача 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 компаратора, другий вхід якого разом зі входом першого

20 перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого ЦАП, 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 першого АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихідна цифрова шина першого АЦП з'єднана з першою вхідною цифровою шиною буфера даних, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього ЦАП, вихід якого з'єднаний з першим входом ВКБ, вихід блока запуску підключений до входу буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого лічильника, вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І,

30 введено два лічильники, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий індикатор, індикатор, п'ятий елемент І, другий АЦП, четвертий ЦАП, другий перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу, причому вихідна цифрова шина другого АЦП з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП, другий вхід п'ятого елемента І разом зі входом третього лічильника та з другим входом другого АЦП підключені до виходу четвертого елемента І, вихідна цифрова шина четвертого регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною четвертого ЦАП, вихід якого підключений до входу другого

40 перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого 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, вихід другого цифрового компаратора підключений до першого входу п'ятого елемента І, вихід якого з'єднаний зі входом п'ятого регістра, вихід третього лічильника підключений до входу четвертого регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого АЦП, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ.

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

50 На схемі: 1 - блок задання положення; 2 - перший цифровий компаратор; 3 - третій елемент І; 4 - тригер; 5 - датчик положення; 6 - генератор імпульсів; 7 - розподільвач 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 п окремих інфрачервоних сенсорів 16.1...16.n; 17 - перший компаратор; 18

55 - інвертор; 19 - реверсивний лічильник; 20 - перший цифро-аналоговий перетворювач; 21 - перший перетворювач напруга-частота; 22 - четвертий елемент І; 23 - дільник частоти; 24 - буферний регістр; 25 - елемент АБО-НІ; 26 - елемент НІ; 27 - другий елемент І; 28 - комутатор; 29 - перший елемент І; 30 - перший лічильник; 31 - постійний запам'ятовуючий блок; 32 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 33, 34 - перший та другий керовані підсилювачі;

60 35 - відеоконтрольний блок; 36 - перший аналого-цифровий перетворювач; 37 - другий

лічильник; 38 - блок запуску; 39 - буфер даних; 40 - третій цифро-аналоговий перетворювач; 41 - третій лічильник; 42 - четвертий регістр; 43 - цифровий індикатор; 44 - другий АЦП; 45 - п'ятий елемент I; 46 - п'ятий регістр; 47 - другий цифровий компаратор; 48 - четвертий ЦАП; 49 - другий перетворювач напруга-частота; 50 - блок установки нуля; 51 - блок задання ресурсу; 52 - четвертий лічильник; 53 - третій цифровий компаратор; 54 - індикатор, причому виходи п окремих ІЧ сенсорів 16.1...16.n ІЧ приймача 16 з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 24, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора 28, вихід якого з'єднаний з першим входом першого АЦП 36, 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 35, другого елемента 127 та першого лічильника 30, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною ПЗБ 31, перший і другий виходи якого підключені відповідно до других входів першого 33 і другого 34 керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 32, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКБ 35, вихід дільника частоти 23 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 129 підключений до першого входу першого лічильника 30, 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 14 підключені до виходу другого компаратора 13, вхід якого разом з першим входом електронного ключа 14 з'єднані з виходом другого ЦАП 12, вихід генератора імпульсів 6 підключений до входу розподільвача тактів 7, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами першого 8, другого 9 та третього 11 регістрів відповідно, вихідні 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 14 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, 32, з першим входом комутатора 28, з другим входом першого АЦП 36 та з п'ятим входом ВКБ 35, вихідна цифрова шина першого АЦП 36 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною буфера даних 39, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього ЦАП 40, вихід якого з'єднаний з першим входом ВКБ 35, вихід блока запуску 38 підключений до входу буфера даних 39, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого лічильника 37, вхід якого підключений до виходу четвертого елемента I 22, вихідна цифрова шина другого АЦП 44 з'єднана зі вхідною цифровою шиною п'ятого регістра 46, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини четвертого регістра 42 та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 47, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого АЦП 44, другий вхід п'ятого елемента I 45 разом зі входом третього лічильника 41 та з другим входом другого АЦП 44 підключені до виходу четвертого елемента I 22, вихідна цифрова шина четвертого регістра 42 з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 43 та зі вхідною цифровою шиною четвертого ЦАП 48, вихід якого підключений до входу другого перетворювача напруга-частота 49, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого лічильника 52, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 50, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора 53, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 51, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 54, вихід другого цифрового компаратора 47 підключений до першого входу п'ятого елемента I 45, вихід якого з'єднаний зі входом п'ятого регістра 46, вихід третього лічильника 41 підключений до входу четвертого регістра 42, вихід комутатора 28 з'єднаний з першим входом другого АЦП 44, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ, позицією 1 позначено об'єktiv.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення генератор імпульсів 6 починає формувати послідовність імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 50 четвертий лічильник 52 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 п окремих 14 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 35 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 компаратора 13, то на його виході встановлюється сигнал логічної одиниці, яким розблоковується тригер 4 та відкривається третій елемент І 3 і електронний ключ 14.

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 цифрового компаратора 2 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через третій елемент І 3 встановлюється в одиничний стан тригер 4. Внаслідок цього імпульси з виходу першого перетворювача напруга-частота 21 через четвертий елемент І 22 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані ВКБ 35.

Частота сигналу формування теплового портрета об'єкта залежно від швидкості його обертання визначається наступним чином. З виходу електронного ключа 14 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 І 27, на перший вхід якого надходять імпульси з виходу дільника частоти 23, оскільки на вхід останнього через відкритий четвертий елемент І 22 надходять імпульси з виходу першого перетворювача напруга-частота 21. При цьому на виході другого елемента І 27 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 30, буферного регістра 24, комутатора 28 та ВКБ 35. 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 $f_1/n=\omega/(2\pi m)$, 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

5 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

10 комутатора 28 потрапляє на вхід ВКБ 35 і на вхід другого АЦП 44, в якому він перетворюється в цифрову форму.

Зазначимо, що потік інформації з виходу комутатора 28 про теплове зображення обмотки ротора потрапляє також в буфер даних 39 через перший АЦП 36 в цифровій формі. Під управлінням другого лічильника 37 інформація послідовно розміщується в буфері даних 39.

15 Розмір буфера може бути різним, але не меншим, ніж для розміщення в ньому інформації про теплове зображення ротора, що отримується за один оберт ротора. В подальшому цей потік інформації через третій ЦАП 40 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід ВКБ 35.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 32, перший 33 та другий 34 керовані підсилювачі і ПЗБ 31 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 35. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 32, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 33 і другого 34 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 31. При цьому коефіцієнти підсилення першого 33 та другого 34 керованих підсилювачів задаються

25 так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \sin \varphi_j$ та $R_i \cos \varphi_j$ відповідно, де R_j - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 5. При цьому

$$i = 0, n, j = 0, m,$$

На вхід ПЗБ 31 сигнали надходять з першого лічильника 30, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані ВКБ 35 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу синхронізації (з виходу першого перетворювача напруга-частота 21) формуються зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

У випадку, коли оперативному персоналу необхідно відстежити фрагмент теплового зображення, який може мати інтерес для попереднього дослідження, сигналом з блока запуску 38 буфер даних 39 переводиться в режим повторного неперервного зчитування записаної в ньому інформації з подальшим її виведенням через третій ЦАП 40 на ВКБ 35. Цей процес здійснюється до тих пір, поки активним є сигнал з виходу блока запуску 38.

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 кругова розгортка всього теплового зображення ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Якщо швидкість обертання ротора гідрогенератора змінюється, наприклад зменшується, то на першому вході першого компаратора 17 сигнал зменшується, на його виході встановлюється сигнал від'ємної полярності, внаслідок чого на виході інвертора 18 встановлюється 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 35 блокується.

Перший перетворювач напруга частота 21 реалізований таким чином, що при наявності на його вході сигналу нульового значення на його виході присутні імпульси з заданою мінімальною частотою слідування.

Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, залежно від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. Одночасно аналогові сигнали з виходу комутатора 28 потрапляють і на вхід першого АЦП 36, і на вхід другого АЦП 44, в якому по

55 сигналу з виходу четвертого елемента І 22 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в другому цифровому компараторі 47 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу другого АЦП 44 та нульового коду, записаного в п'ятому регістрі 46. При цьому на виході другого цифрового компаратора 47 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається п'ятий елемент І 45 і по сигналу з виходу четвертого елемента І 22

60 цифровий код з виходу другого АЦП 44 записується в п'ятий регістр 46. При черговому циклі

аналого-цифрового перетворення на виході другого АЦП 44 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в п'ятому регістрі 46. І якщо цифровий код на виході другого АЦП 44 перевищує код, записаний в п'ятому регістрі 46, то відбувається перезапис коду в п'ятий регістр 46. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають

5 температурі різних точок об'єкта дослідження, в п'ятому регістрі 46 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенні повного оберт

досліджуваного об'єкта на виході третього лічильника 41, коефіцієнт ділення якого дорівнює N, з'являється імпульс, яким інформація з п'ятого регістра 46 переписується в четвертий регістр 42 та виводиться на цифровий індикатор 43. Одночасно цифровий код з виходу четвертого

10 регістра 42 надходить на вхід четвертого ЦАП 48, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід другого перетворювача напруга-частота 49. З виходу останнього послідовність імпульсів надходить в четвертий лічильник 52 - лічильник відпрацьованого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, який накопичується за кожен оберт ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

15 Зауважимо, що температура в місці нагріву ізоляції обмотки ротора гідрогенератора може змінюватись, а, отже, буде змінюватись і частота надходження імпульсів в четвертий лічильник 52, яка залежить від значення аналогового сигналу, що відповідає температурі елементарної ділянки поверхні ротора гідрогенератора і передається за допомогою відповідного інфрачервоного датчика.

20 У випадку, коли ресурс роботи ізоляції ротора, що залежить від температури, вичерпується цифровий код на виході четвертого лічильника 52 досягає значення, записаного в блоці задання ресурсу 51. При цьому на виході третього цифрового компаратора 53 з'являється сигнал логічної одиниці, яким вмикається індикатор 54, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора.

25 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктів, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, перший

30 перетворювач напруга-частота, перший цифровий компаратор, датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподільувач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, перший аналого-цифровий перетворювач, блок запуску, буфер даних, чотири елементи I, елемент АБО-НІ, елемент НІ, три цифро-аналогові

35 перетворювачі, два компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, тригер, два лічильники, дільник частоти, буферний регістр та комутатор, причому виходи n 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 першого

40 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 НІ, вихід якого з'єднаний з

45 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

50 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

55 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

60 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 розподільувача 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 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 першого аналого-цифрового перетворювача та з п'ятим входом відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого аналого-цифрового перетворювача з'єднана з першою вхідною цифровою шиною буфера даних, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього цифро-аналогового перетворювача, вихід якого з'єднаний з першим входом відеоконтрольного блока, вихід блока запуску підключений до входу буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого лічильника, вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І, який **відрізняється** тим, що в нього введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, індикатор, п'ятий елемент І, другий аналого-цифровий перетворювач, четвертий цифро-аналоговий перетворювач, другий перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу, причому вихідна цифрова шина другого аналого-цифрового перетворювача з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього регістра та до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, другий вхід п'ятого елемента І разом зі входом третього лічильника та з другим входом другого аналого-цифрового перетворювача підключені до виходу четвертого елемента І, вихідна цифрова шина третього регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною четвертого цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до входу другого перетворювача напруга-частота, вихід якого з'єднаний з першим входом четвертого 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, вихід другого цифрового компаратора підключений до першого входу п'ятого елемента І, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра, вихід третього лічильника підключений до входу третього регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом другого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ.

