



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154467** (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

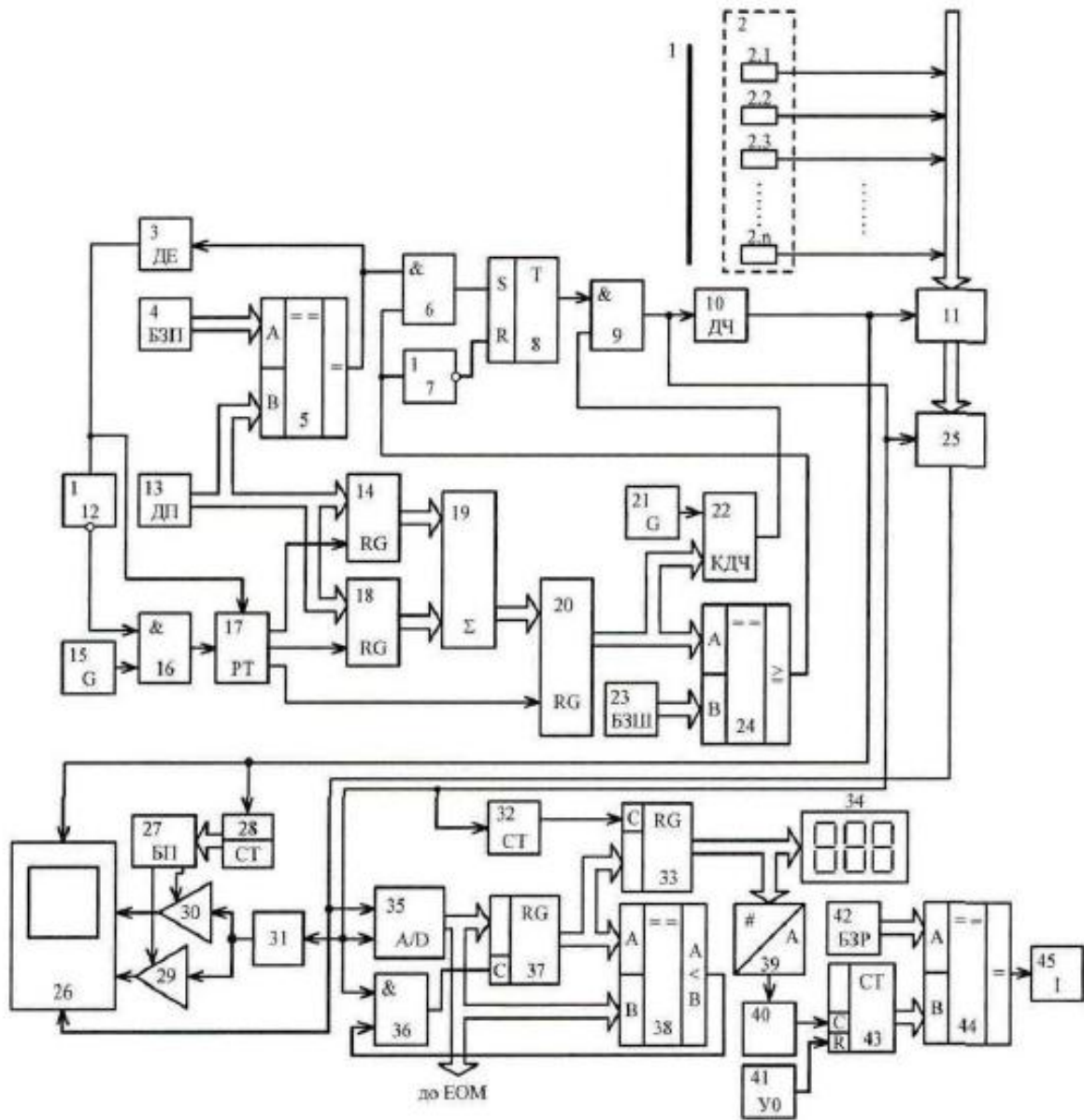
<p>(21) Номер заявки: u 2023 02047</p> <p>(22) Дата подання заявки: 01.05.2023</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 16.11.2023</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 15.11.2023, Бюл.№ 46</p>	<p>(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Медончак Денис Олегович (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, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрові компаратори, три елементи I, два елементи NI, тригер, два генератори імпульсів, диференціюючий елемент, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільювач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги. Додатково введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, індикатор, четвертий елемент I, аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу.

UA 154467 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 на корисну модель України № 104551, МПК G01K 13/08, опубл. 10.02.2016, бюл. № 3), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрові компаратори, два елементи I, елемент HI, тригер, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому п виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами відповідно з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані відповідно із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока, до входів лічильника імпульсів та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана зі вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до другого входу блока підготовки даних та до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів відповідно другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподільувача тактів, перший та другий виходи якого підключені відповідно до входів першого та другого регістрів, вихід блока підготовки даних з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента I та до входу елемента HI, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, третій вихід розподільувача тактів з'єднаний зі входом третього регістра.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє 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.

За близький аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент на винахід України № 116408, МПК G01K 13/08, бюл. № 5, 2018), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрові компаратори, три елементи I, два елементи HI, тригер, два генератори імпульсів, диференціюючий елемент, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок підготовки даних, блок пам'яті, лічильник (в подальшому - перший лічильник), відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому η виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами відповідно з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом блока підготовки даних та зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані відповідно із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока, до входів першого лічильника та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана зі вхідною

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

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 поставлено задачу 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'єкти, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрові компаратори, три елементи І, два елементи НІ, триггер, два генератори імпульсів, диференціюючий елемент, дільник частоти, буферний реєстр, датчик положення, три реєстри, розподільвач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому n виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного реєстра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами відповідно з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента І, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента І, вихід якого з'єднаний зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані відповідно із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока, до входів першого лічильника та буферного реєстра, вихідна шина якого з'єднана зі вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів відповідно другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого реєстрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього реєстра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента І та до входу першого елемента НІ, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера,

вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, перший та другий виходи розподільвача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого підключений до другого входу розподільвача тактів та до входу другого елемента II, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента I, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом розподільвача тактів, згідно з корисною моделлю, введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, індикатор, четвертий елемент I, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), перетворювач напруга-частота, блок установки нуля та блок задання ресурсу, причому вихідна цифрова шина АЦП з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, другий вхід четвертого елемента I разом зі входом другого лічильника та з другим входом АЦП підключені до виходу другого елемента I, вихідна цифрова шина п'ятого регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до входу 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 четвертого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід третього цифрового компаратора підключений до першого входу четвертого елемента I, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра, вихід другого лічильника підключений до входу п'ятого регістра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом 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.

На схемі: 1 - об'єктив; 2 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів; 3 - диференціюючий елемент; 4 - блок задання положення; 5 - перший цифровий компаратор; 6 - перший елемент I; 7 - перший елемент II; 8 - тригер; 9 - другий елемент I; 10 - дільник частоти; 11 - буферний регістр; 12 - другий елемент II; 13 - датчик положення; 14 - перший регістр; 15 - перший генератор імпульсів; 16 - третій елемент I; 17 - розподільвач тактів; 18 - другий регістр; 19 - цифровий суматор; 20 - третій регістр; 21 - другий генератор імпульсів; 22 - керований дільник частоти; 23 - блок задання швидкості; 24 - другий цифровий компаратор; 25 - комутатор; 26 - відеоконтрольний блок, 27 - блок пам'яті; 28 - перший лічильник; 29, 30 - перший та другий керовані підсилювачі відповідно; 31 - генератор напруги; 32 - другий лічильник; 33 - п'ятий регістр; 34 - цифровий індикатор; 35 - аналого-цифровий перетворювач; 36 - четвертий елемент I; 37 - четвертий регістр; 38 - третій цифровий компаратор; 39 - цифро-аналоговий перетворювач; 40 - перетворювач напруга-частота; 41 - блок установки нуля; 42 - блок задання ресурсу; 43 - третій лічильник; 44 - четвертий цифровий компаратор; 45 - індикатор, причому n виходів 2.1 - 2.n інфрачервоного приймача 2 підключені до вхідної шини буферного регістра 11, блок задання положення 4 та датчик положення 13 з'єднані своїми вихідними цифровими шинами відповідно з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора 5, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I 6, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера 8, вихід якого підключений до першого входу другого елемента 19, вихід якого з'єднаний зі входами дільника частоти 10, комутатора 25 та генератора напруги 31, вихід якого підключений до других входів першого 29 та другого 30 керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані відповідно із третім та другим входами відеоконтрольного блока 26, вихід дільника частоти 10 підключений до першого входу відеоконтрольного блока 26, до входів першого лічильника 28 та буферного регістра 11, вихідна шина якого з'єднана зі вхідною шиною комутатора 25, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока 26, вихідна цифрова шина першого лічильника 28 з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті 27, перший та другий виходи якого підключені до перших входів відповідно другого 30 та першого 29 керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення 13 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 14 та другого 18 регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора 19, вихідна цифрова шина блока задання швидкості 23 підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 24, вихідна цифрова шина цифрового суматора 19 з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 20, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового

компаратора 24 та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти 22, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 21, вихід другого цифрового компаратора 24 підключений до другого входу першого елемента І 6 та до входу першого елемента НІ 7, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера 8, вихід керованого дільника частоти 22 підключений до другого входу другого елемента І 9, перший та другий виходи розподільвача тактів 17 з'єднані зі входами першого 14 та другого 18 регістрів відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра 20, вихід першого цифрового компаратора 5 з'єднаний зі входом диференціюючого елемента 3, вихід якого підключений до другого входу розподільвача тактів 17 та до входу другого елемента НІ 12, вихід якого з'єднаний з першим входом третього елемента І 16, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів 15, а вихід з'єднаний з першим входом розподільвача тактів 17, вихідна цифрова шина АЦП 35 з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра 37, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра 33 та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 38, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 35, другий вхід четвертого елемента І 36 разом зі входом другого лічильника 32 та з другим входом АЦП 35 підключені до виходу другого елемента І 9, вихідна цифрова шина п'ятого регістра 33 з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 34 та зі вхідною цифровою шиною ЦАП 39, вихід якого підключений до входу перетворювача напруга-частота 40, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника 43, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 41, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора 44, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 42, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 45, вихід третього цифрового компаратора 38 підключений до першого входу четвертого елемента І 36, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра 37, вихід другого лічильника 32 підключений до входу п'ятого регістра 33, вихід комутатора 25 з'єднаний з першим входом АЦП 35, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 15 та другий 21 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 41 третій лічильник 43 скидається. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 1 на лінійку n окремих інфрачервоних датчиків 2.1 - 2. n інфрачервоного приймача 2, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору інфрачервоного приймача 2 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані, або його швидкість обертання менша від деякої мінімальної швидкості обертання, то на екран відеоконтрольного блока 26 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це зумовлено наступним. Під впливом першого генератора імпульсів 15 по чергово на виходах розподільвача тактів 17 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 17 в перший регістр 14 записується код з виходу датчика положення 13. В другий регістр 18 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 17 записується інший код з виходу датчика положення 13. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується першим генератором імпульсів 15, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 19. Сигналом з третього виходу розподільвача тактів 17 ця різниця кодів записується в третій регістр 20, з якого вона подається на вхідну цифрову шину керованого дільника частоти 22 та першу вхідну цифрову шину другого цифрового компаратора 24, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора з мінімальною, яка записана в блоці задання швидкості 23. У випадку, коли швидкість менша від мінімальної, на виході другого цифрового компаратора 24 присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого перший елемент І 6 закритий та на його виході присутній сигнал логічного нуля. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора стає рівною, або більшою за мінімальну, то на виході другого цифрового компаратора 24 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий вхід першого елемента І 6, а на виході елемента НІ 7 з'являється сигнал логічного нуля. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 13 та з виходу блока задання положення 4 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 6 встановлюється в одиничний стан тригер 8.

При цьому сигнал логічної одиниці з виходу тригера 8 подається на перший вхід другого елемента І 9.

Імпульси з виходу другого генератора імпульсів 21 подаються на вхід керованого дільника частоти 22, який керується кодом з вихідної цифрової шини третього регістра 20. З виходу керованого дільника частоти 22 імпульси подаються на другий вхід другого елемента І 9, вихідні послідовності імпульсів починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет ротора гідрогенератора на екрані відеоконтрольного блока 26.

Зазначимо, що в момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу блока задання положення 4 та з виходу датчика положення 13 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 5 з'являється сигнал, який надходить на вхід диференціюючого елемента 3. На його виході формується сигнал, який обнуляє розподільувач тактів 17, а також через другий елемент НІ 12 закриває третій елемент 116, що в свою чергу зумовлює припинення подачі імпульсів з першого генератора імпульсів 15 в розподільувач тактів 17. Це дозволяє запобігти некоректній ситуації, коли в перший регістр 14 записується код, що відповідає найбільшим (останнім) кодам з виходу датчика положення 13, а в другий регістр 18 записується код, що відповідає найменшим (початковим) кодам в подальшому обертанні ротора. Очевидно, що різниця таких кодів за одиницю часу не відповідатиме значенню швидкості обертання ротора.

В залежності від кутової швидкості ω обертання ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 на виході керованого дільника частоти 22, 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 інфрачервоного приймача 2, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 10, що відповідає кількості окремих інфрачервоних сенсорів інфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою f_1/n , при номінальній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 10 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 11 на час $\Delta T = n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих інфрачервоних сенсорів 2.1 - 2.n інфрачервоного приймача 2. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N = n \cdot m$). Комутатором 25 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 11 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 25 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 26.

Генератор напруги 31, перший 29 та другий 30 керовані підсилювачі і блок пам'яті 27 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 26. Сигнал частотою f_1 , що надходить на вхід генератора напруги 31, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 29 і другого 30 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 27. При цьому коефіцієнти підсилення першого 29 та другого 30 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 13. При цьому $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, m}$.

На вхід блока пам'яті 27 сигнали надходять з першого лічильника 28, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m . В результаті на екрані відеоконтрольного блока 26 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу дільника частоти 10 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

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

Зміна швидкості обертання ротора гідрогенератора фіксується в третьому регістрі 20, внаслідок чого змінюється частота імпульсів на виході керованого дільника частоти 22, що забезпечує стабільне виведення теплового портрета об'єкта дослідження на екран відеоконтрольного блока 26.

Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, залежно від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. Одночасно аналогові сигнали з виходу комутатора 25 потрапляють і на відеоконтрольний блок 26, і на вхід АЦП 35, в якому по сигналу з виходу другого елемента І 9 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в третьому цифровому компараторі 38 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 35 та нульового коду, записаного в четвертому регістрі 37. При цьому на виході третього цифрового компаратора 38 з'являється сигнал логічної одиниці, яким

відкривається четвертий елемент I 36, і по сигналу з виходу другого елемента I 9 цифровий код з виходу АЦП 35 записується в четвертий регістр 37. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 35 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в четвертому регістрі 37. І якщо цифровий код на виході АЦП 35 перевищує код, записаний в четвертому регістрі 37, то відбувається перезапис коду в четвертий регістр 37. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в четвертому регістрі 37 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. По завершенні повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 32, коефіцієнт ділення якого дорівнює N, з'являється імпульс, яким інформація з четвертого регістра 37 переписується в п'ятий регістр 33 та виводиться на цифровий індикатор 34. Одночасно цифровий код з виходу п'ятого регістра 33 надходить на вхід ЦАП 39, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід перетворювача напруга-частота 40. З виходу останнього послідовність імпульсів надходить в третій лічильник 43 - лічильник відпрацьованого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, яка 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 43, яка залежить від значення аналогового сигналу, що відповідає температурі елементарної 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 43 досягає значення, записаного в блоці задання ресурсу 42. При цьому на виході четвертого цифрового компаратора 44 з'являється сигнал логічної одиниці, яким вмикається індикатор 45, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єкти, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, два цифрові компаратори, три елементи I, два елементи НI, тригер, два генератори імпульсів, диференціюючий елемент, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, суматор, блок задання швидкості, комутатор, керований дільник частоти, блок пам'яті, перший лічильник, відеоконтрольний блок, два керовані підсилювачі, генератор напруги, причому n виходів інфрачервоного приймача підключені до вхідної шини буферного регістра, блок задання положення та датчик положення з'єднані своїми вихідними цифровими шинами відповідно з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора, вихід якого підключений до першого входу елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом тригера, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I, вихід якого з'єднаний зі входами дільника частоти, комутатора та генератора напруги, вихід якого підключений до других входів першого та другого керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані відповідно із третім та другим входами відеоконтрольного блока, вихід дільника частоти підключений до першого входу відеоконтрольного блока, до входів першого лічильника та буферного регістра, вихідна шина якого з'єднана зі вхідною шиною комутатора, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихідна цифрова шина першого лічильника з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті, перший та другий виходи якого підключені до перших входів відповідно другого та першого керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина блока задання швидкості підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина цифрового суматора з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, вихід другого цифрового компаратора підключений до другого входу першого елемента I та до входу першого елемента НI, вихід якого з'єднаний з другим входом тригера, вихід керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, перший та другий виходи розподільувача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний зі входом диференціюючого елемента, вихід якого

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

