



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 156923

(13) U

(51) МПК

G01K 13/08 (2006.01)

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

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2024 00035</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грабко Володимир Віталійович (UA), Чорний Олексій Петрович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Мошноріз Микола Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>02.01.2024</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>22.08.2024</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>21.08.2024, Бюл.№ 34</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця 21021 (UA)</b>

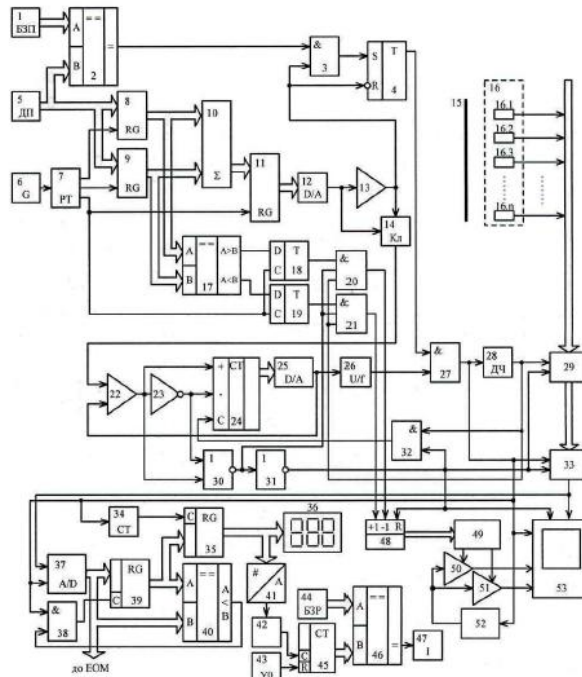
## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що складається з  $n$  окремих інфрачервоних сенсорів, перший перетворювач напруга-частота, два цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподільювач 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, два компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, три тригери, перший лічильник, дільник частоти, буферний регістр та комутатор. 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 першими входами аналого-цифрового перетворювача та відеоконтрольного блока. 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 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. 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, другу вхідну цифрову шину якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключено до вихідної цифрової шини датчика положення. Вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента I, вихід якого підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого разом з другими входами першого тригера та електронного ключа підключено до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднано з виходом другого цифро-аналогового

UA 156923 U

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 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 підключено до виходу першого цифро-аналогового перетворювача. Вихід першого 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. Вихідні шини першого та другого регістрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних цифрових шин другого цифрового компаратора, перший та другий виходи якого з'єднані, відповідно, з першими входами другого та третього тригерів, другі входи яких підключені до третього виходу розподільвача тактів, а виходи з'єднані з третіми входами першого та п'ятого елементів І, відповідно, вихід елемента АБО-НІ підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а вихід підключений до третього входу першого лічильника. Введено два лічильники, два регістри, два цифрових компаратори, цифровий індикатор, шостий елемент І, третій цифро-аналоговий перетворювач, другий перетворювач напруги-частоти, блок установки нуля, блок задання ресурсу та індикатор. 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 шостого елемента І разом зі входом другого лічильника підключено до виходу четвертого елемента І. Вихідна цифрова шина п'ятого регістра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та 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. 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. Вихід з'єднаний зі входом індикатора. Вихід третього цифрового компаратора підключений до першого входу шостого елемента І, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра. Вихід другого лічильника підключений до входу п'ятого регістра. Вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена до кола EOM.



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, МПК 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 (в подальшому - 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, 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 з 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 аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 128197, МПК. G01K 13/08, бюлетень № 17, 2018), що містить об'єктів, інфрачервоний приймач, що містить п окремих ІЧ-сенсорів, перетворювач напруга-частота (в подальшому - перший перетворювач напруга-частота), два цифрових компаратори, 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, інтерфейсний блок, п'ять елементів І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, два компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, три тригери, лічильник (в подальшому - перший лічильник), 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 першими входами АЦП та ВКБ, 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 першого тригера, а другий вхід якого разом з другими входами першого 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 з входом першого перетворювача напруга-частота підключені до виходу першого ЦАП, вихід першого 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, інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихідна цифрова шина АЦП підключена до вхідної цифрової шини інтерфейсного блока, вихідна цифрова шина якого з'єднана з колами ЕОМ, вихідні шини першого та другого регістрів підключені відповідно до першої та другої вхідних цифрових шин другого цифрового компаратора, перший та другий виходи якого з'єднані відповідно з першими входами другого та третього тригерів, другі входи яких підключені до третього виходу розподільвача тактів, а виходи з'єднані з третіми входами першого та п'ятого елементів І відповідно, вихід елемента АБО-НІ підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а вихід підключений до третього входу першого лічильника.

35 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.

40 В основу корисної моделі поставлена задача створити пристрій 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.

45 Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих ІЧ-сенсорів, перший перетворювач напруга-частота, два цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, три регістри, 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 І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, два компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, три тригери, перший лічильник, 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 першими входами АЦП та ВКБ, 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 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 реєстра, 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, другу вхідну цифрову шину якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого реєстрів підключено до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента I, вихід якого підключений до першого входу першого тригера, а другий вхід якого разом з другими входами першого тригера та електронного ключа підключено 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 реєстрів, відповідно, вихідні шини першого та другого реєстрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього реєстра, 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 підключено до виходу першого ЦАП, вихід першого 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 першим входом комутатора, з другим входом АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихідні шини першого та другого реєстрів підключені відповідно до першої та другої вхідних цифрових шин другого цифрового компаратора, перший та другий виходи якого з'єднані відповідно з першими входами другого та третього тригерів, другі входи яких підключені до третього виходу розподільвача тактів, а виходи з'єднані з третіми входами першого та п'ятого елементів I, відповідно, вихід елемента АБО-НІ підключений до другого входу п'ятого елемента I, перший вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а вихід підключений до третього входу першого лічильника, введено два лічильники, два реєстри, два цифрових компаратори, цифровий індикатор, шостий елемент I, третій ЦАП, другий перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, блок задання ресурсу та індикатор, причому вихідна цифрова шина АЦП з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого реєстра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого реєстра та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, другий вхід шостого елемента I разом з входом другого лічильника підключені до виходу четвертого елемента I, вихідна цифрова шина п'ятого реєстра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та зі вхідною цифровою шиною третього ЦАП, 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 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 шостого елемента I, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого реєстра, вихід другого лічильника підключений до входу п'ятого реєстра, вихідна цифрова шина АЦП підключена в кола ЕОМ.

50 Суть корисної моделі пояснює креслення.

На схемі показано: 1 - блок задання положення; 2 - перший цифровий компаратор; 3 - третій елемент I; 4 - перший тригер; 5 - датчик положення; 6 - генератор імпульсів; 7 - розподільвач тактів; 8, 9 - перший та другий реєстри; 10 - цифровий суматор; 11 - третій реєстр; 12 - другий цифро-аналоговий перетворювач; 13 - другий компаратор; 14 - електронний ключ; 15 - об'єктив; 55 16 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів 16.1...16.n; 17 - другий цифровий компаратор; 18, 19 - другий та третій тригери; 20 - перший елемент I; 21 - п'ятий елемент I; 22 - перший компаратор; 23 - інвертор; 24 - реверсивний лічильник; 25 - перший цифро-аналоговий перетворювач; 26 - перший перетворювач напруга-частота; 27 - четвертий елемент I; 28 - дільник частоти; 29 - буферний реєстр; 30 - елемент АБО-НІ; 31 - 60 елемент НІ; 32 - другий елемент I; 33 - комутатор; 34 - другий лічильник; 35 - п'ятий реєстр; 36 -

цифровий індикатор; 37 - аналого-цифровий перетворювач; 38 - шостий елемент I; 39 - четвертий регістр; 40 - третій цифровий компаратор; 41 - третій цифро-аналоговий перетворювач; 42 - другий перетворювач напруга-частота; 43 - блок установки нуля; 44 - блок задання ресурсу; 45 - третій лічильник; 46 - четвертий цифровий компаратор; 47 - індикатор; 48 - перший лічильник; 49 - постійний запам'ятовуючий блок; 50, 51 - перший та другий керовані підсилювачі; 52 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 53 - відеоконтрольний блок, причому виходи n окремих ІЧ сенсорів 16.1...16.n з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 29, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора 33, вихід якого з'єднаний з першими входами АЦП 37 та ВКБ 53, вихід першого компаратора 22 підключений до перших входів реверсивного лічильника 24, елемента АБО-НІ 30 та до входу інвертора 23, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника 24 та елемента АБО-НІ 30, вихід якого підключений до другого входу першого елемента I 20 та до входу елемента НІ 31, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра 29, комутатора 33, ВКБ 53, другого елемента I 32 та першого лічильника 48, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною ПЗБ 49, перший і другий виходи якого підключені відповідно до других входів першого 50 і другого 51 керованих підсилювачів, перші входи яких з'єднані з виходом генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 52, а виходи підключені відповідно до третього і четвертого входів ВКБ 53, вихід дільника частоти 28 з'єднаний з першими входами буферного регістра 29, першого елемента I 20 та другого елемента I 32, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника 24, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП 25, вихід першого елемента I 20 підключений до першого входу першого лічильника 48, 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 першого тригера 4, а другий вхід якого разом з другими входами першого тригера 4 та електронного ключа 14 підключено до виходу другого компаратора 13, вхід якого разом з першим входом електронного ключа 14 з'єднано 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 22, другий вхід якого разом зі входом першого перетворювача напруга-частота 26 підключено до виходу першого ЦАП 25, вихід першого тригера 4 з'єднаний з першим входом четвертого елемента I 27, другий вхід якого підключений до виходу першого перетворювача напруга-частота 26, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти 28, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 52, з першим входом комутатора 33, з другим входом АЦП 37 та з п'ятим входом ВКБ 53, вихідні шини першого 8 та другого 9 регістрів підключені відповідно до першої та другої вхідних цифрових шин другого цифрового компаратора 17, перший та другий виходи якого з'єднані відповідно з першими входами другого 18 та третього 19 тригерів, другі входи яких підключені до третього виходу розподільвача тактів 7, а виходи з'єднані з третіми входами першого 20 та п'ятого 21 елементів I, відповідно, вихід елемента АБО-НІ 30 підключений до другого входу п'ятого елемента I 21, перший вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти 28, а вихід підключений до третього входу першого лічильника 48, вихідна цифрова шина АЦП 37 з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра 39, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра 35 та до першої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 40, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 37, другий вхід шостого елемента I 38 разом зі входом другого лічильника 34 підключено до виходу четвертого елемента I 27, вихідна цифрова шина п'ятого регістра 35 з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 36 та зі вхідною цифровою шиною третього ЦАП 41, вихід якого підключений до входу другого перетворювача напруга-частота 42, вихід якого з'єднаний з першим входом третього лічильника 45, другий вхід якого підключений до виходу блока установки нуля 43, а вихідна цифрова шина з'єднана з другою вхідною цифровою шиною четвертого цифрового компаратора 46, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 44, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 47, вихід третього цифрового компаратора 40 підключений до першого входу шостого елемента I 38, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра 39, вихід другого лічильника 34

підключений до входу п'ятого регістра 35, вихідна цифрова шина АЦП 37 підключена в кола ЕОМ, позицією 15 позначено об'єktiv.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

5 При подачі напруги живлення генератор імпульсів 6 починає формувати послідовність імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 43 третій лічильник 45 скидається. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єktiv 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. 10 Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи.

15 Якщо ротор гідрогенератора знаходиться в нерухомому стані або обертається з малою швидкістю, то на екран ВКБ 53 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 20 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 порога, 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 перший тригер 4 та відкривається третій 25 елемент І 3 і електронний ключ 14.

30 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 І 3 встановлюється в одиничний стан перший тригер 4. Внаслідок цього імпульси з виходу першого перетворювача напруга-частота 26 через четвертий елемент І 27 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані ВКБ 53.

35 Частота сигналу формування теплового портрета об'єкта в залежності від швидкості його обертання визначається наступним чином. З виходу електронного ключа 14 сигнал надходить на перший вхід першого компаратора 22, на другий вхід якого надходить сигнал з виходу першого ЦАП 25, який відповідає цифровому коду на виході реверсивного лічильника 24. Якщо сигнал на першому вході першого компаратора 22 більший, то на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який надходить на перший вхід реверсивного лічильника 24. На другому його 40 вході присутній сигнал логічного нуля, оскільки сигнал логічної одиниці з виходу першого компаратора 22 проходить через інвертор 23. При цьому сигнали логічного нуля та одиниці з виходів відповідно інвертора 23 та першого компаратора 22 надходять на другий і перший входи елемента АБО-НІ 30, на виході якого з'являється сигнал логічного нуля. Сигнал логічного нуля з виходу елемента АБО-НІ 30 через елемент НІ 31 у вигляді сигналу логічної одиниці надходить на другий вхід другого елемента І 32, на перший вхід якого надходять імпульси з виходу дільника частоти 28, оскільки на вхід останнього через відкритий четвертий елемент І 27 надходять імпульси з виходу першого перетворювача напруга-частота 26. При цьому на виході 45 другого елемента І 32 формуються імпульси, які надходять на третій вхід реверсивного лічильника 24, цифровий код на виході якого починає збільшуватись. Зростає також і напруга на виході першого ЦАП 25 до тих пір, доки сигнали на входах першого компаратора 22 не зрівнюються. Одночасно зростає також і напруга на вході першого перетворювача напруга-частота 26, що призводить до зростання частоти імпульсів, що формуються на його виході.

55 В момент зрівняння сигналів на входах першого компаратора 22 на його виході встановлюється нульовий сигнал. При цьому на виході елемента АБО-НІ 30 з'являється сигнал логічної одиниці (на виході інвертора 23 присутній також нульовий сигнал), який відкриває перший 20 та п'ятий 21 елементи І, а через елемент НІ 31 закриває другий елемент І 32 та розблоковує роботу першого лічильника 48, буферного регістра 29, комутатора 33 та ВКБ 53. Подача імпульсів в реверсивний лічильник 24 припиняється, а код, що записаний в ньому,

забезпечує коректну роботу блоків щодо виведення теплового зображення ротора гідрогенератора при відповідній швидкості його обертання.

Одночасно сигнали з виходів першого 8 та другого 9 регістрів надходять на входи другого цифрового компаратора 17, де відбувається визначення напрямку обертання ротора гідрогенератора. Якщо обертання відбувається в одному напрямку, то, наприклад, на першому виході другого цифрового компаратора 17 з'являється сигнал логічної одиниці. Якщо ж обертання відбувається в іншому напрямку, то сигнал логічної одиниці з'являється на другому виході другого цифрового компаратора 17. Сигнали з першого і другого виходів другого цифрового компаратора 17 запам'ятовуються відповідно в другому 18 і третьому 19 тригерах під впливом сигналу з третього виходу розподільвача тактів 7. При цьому перший 20 або п'ятий 21 елемент І відкривається та на один з входів першого лічильника 48 надходять імпульси з виходу дільника частоти 28. Таким чином враховується напрям обертання ротора гідрогенератора при побудові теплового портрета останнього.

Залежно від кутової швидкості обертання  $\omega$  ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів  $f_1$  першого перетворювача напруга-частота 26, що пов'язано співвідношенням  $f_1/n=\omega/(2\pi \cdot m)$ , де  $m=360^\circ/\beta$ ,  $\beta$  - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору ІЧ-приймача 16,  $n$  - коефіцієнт ділення дільника частоти 28, що відповідає кількості окремих ІЧ-сенсорів ІЧ-приймача 16. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при поточній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 28 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 29 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 33 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 29 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 33 потрапляє на вхід ВКБ 53 і на вхід АЦП 37, в якому він перетворюється в цифрову форму.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 52, перший 50 та другий 51 керовані підсилювачі і ПЗБ 49 призначені для формування сигналів розгортки ВКБ 53. Сигнал частотою  $f_1$ , що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 52, на виході приймає ступінчасту форму (містить  $n$  складових) і подається на входи першого 50 і другого 51 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами ПЗБ 49. При цьому коефіцієнти підсилення першого 50 та другого 51 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні  $R_i \cdot \sin\phi_j$  та  $R_i \cdot \cos\phi_j$  відповідно, де  $R_i$  - радіус,  $\phi_j$  - 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 49 сигнали надходять з першого лічильника 48, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює  $t$ . В результаті на екрані ВКБ 53 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу синхронізації (з виходу першого перетворювача напруга-частота 26) формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора.

Очевидно, що згідно з 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 22 сигнал зменшується, на його виході встановлюється сигнал від'ємної полярності, внаслідок чого на виході інвертора 23 встановлюється сигнал логічної одиниці і реверсивний лічильник 24 починає зменшувати записаний в ньому код до моменту зрівняння сигналів на входах першого компаратора 22. В період узгодження швидкості обертання ротора гідрогенератора з частотою синхронізації пристрою виведення теплового зображення на ВКБ 53 блокується.

Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, залежно від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. Одночасно аналогові сигнали з виходу комутатора 33 потрапляють і на відеоконтрольний блок 53, і на вхід АЦП 37, в якому по сигналу з виходу четвертого елемента І 27 здійснюється їх перетворення в цифровий код. Після закінчення першого перетворення в третьому цифровому компараторі 40 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 37 та нульового коду, записаного в четвертому регістрі 39. При цьому на виході третього цифрового компаратора 40 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається шостий елемент І 38, і по сигналу з виходу четвертого елемента І 27 цифровий код з виходу АЦП 37 записується в четвертий регістр 39. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 37 з'являється цифровий код,



який порівнюється з кодом, записаним в четвертому регістрі 39. І якщо цифровий код на виході АЦП 37 перевищує код, записаний в четвертому регістрі 39, то відбувається перезапис коду в четвертий регістр 39. Таким чином в процесі аналого-цифрового перетворення сигналів, що відповідають температурі різних точок об'єкта дослідження, в четвертому регістрі 39 зберігається код, що відповідає найвищій температурі об'єкта дослідження. Після завершення повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 34, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з четвертого регістра 39 переписується в п'ятий регістр 35 та виводиться на цифровий індикатор 36. Одночасно цифровий код з виходу п'ятого регістра 35 надходить на вхід третього ЦАП 41, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід другого перетворювача напруга-частота 42. З виходу останнього послідовність імпульсів надходить в третій лічильник 45 - 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 45, 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 45 досягає значення, записаного в блоці задання ресурсу 44. При цьому на виході четвертого цифрового компаратора 46 з'являється сигнал логічної одиниці, яким вмикається індикатор 47, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора.

Перший перетворювач напруга частота 26 реалізований таким чином, що при наявності на його вході сигналу нульового значення на його виході присутні імпульси з заданою мінімальною частотою проходження.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єktiv, інфрачервоний приймач, що містить  $n$  окремих інфрачервоних сенсорів, перший перетворювач напруга-частота, два цифрових компаратори, датчик положення, блок задання положення, три регістри, 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 І, елемент АБО-НІ, елемент НІ, два цифро-аналогові перетворювачі, два компаратори, інвертор, реверсивний лічильник, електронний ключ, три тригери, перший лічильник, 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 першими входами аналого-цифрового перетворювача та відеоконтрольного блока, 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, 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 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 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, другу вхідну цифрову шину якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключено до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента І, вихід якого підключений до першого входу першого тригера, а другий вхід якого разом з другими входами першого тригера та електронного ключа підключено до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднано 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 реєстрів, відповідно, вихідні шини першого та другого реєстрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних шин цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною третього реєстра, 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 підключено до виходу першого цифро-аналогового перетворювача, вихід першого 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, вихідні шини першого та другого реєстрів підключені, відповідно, до першої та другої вхідних цифрових шин другого цифрового компаратора, перший та другий виходи якого з'єднані, відповідно, з першими входами другого та третього тригерів, другі входи яких підключені до третього виходу розподільвача тактів, а виходи з'єднані з третіми входами першого та п'ятого елементів І, відповідно, вихід елемента АБО-НІ підключений до другого входу п'ятого елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом дільника частоти, а вихід підключений до третього входу першого лічильника, який **відрізняється** тим, що в нього введено два лічильники, два реєстри, два цифрових компаратори, цифровий індикатор, шостий елемент І, третій цифро-аналоговий перетворювач, другий перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, блок задання ресурсу та індикатор, причому вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого реєстра, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого реєстра 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 шостого елемента І разом зі входом другого лічильника підключено до виходу четвертого елемента І, вихідна цифрова шина п'ятого реєстра з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора та 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 четвертого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід третього цифрового компаратора підключений до першого входу шостого елемента І, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого реєстра, вихід другого лічильника підключений до входу п'ятого реєстра, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена в кола ЕОМ.

