УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 159833** **(13) U**

(51) МПК
G01K 13/08 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2024 06331**
(22) Дата подання заявки: **31.12.2024**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **10.07.2025**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **09.07.2025, Бюл.№ 28**

(72) Винахідник(и):
Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Ящук Ярослав Володимирович (UA)

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

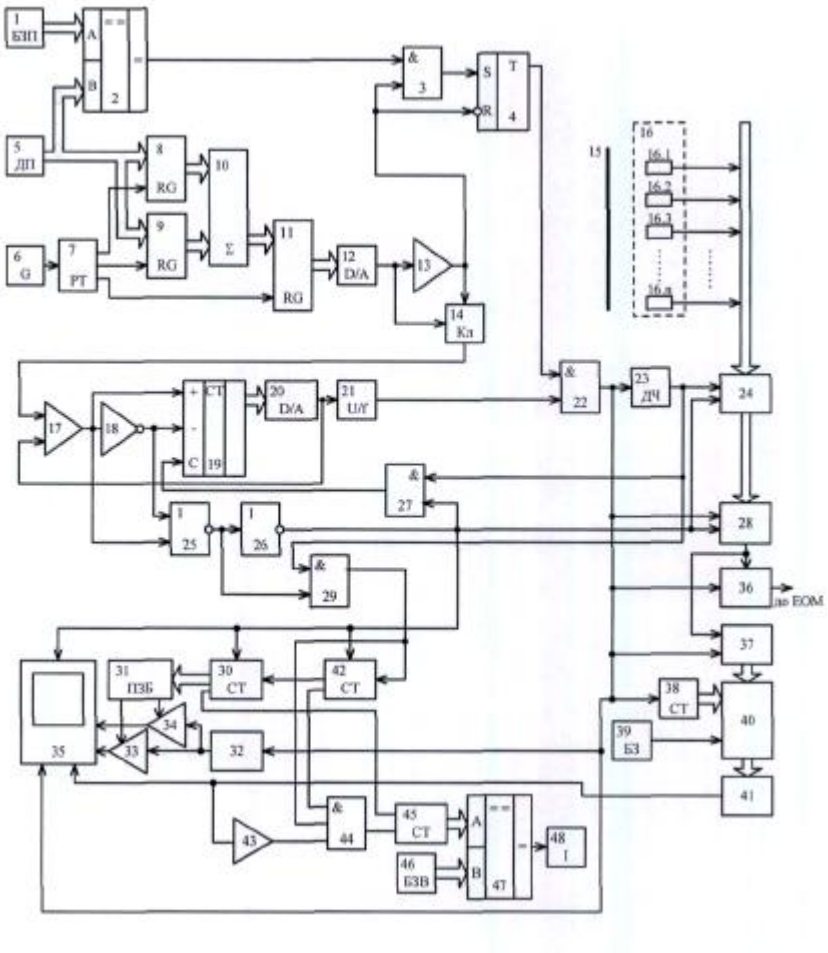
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що складається з n окремих інфрачервоних сенсорів, перетворювач напруга-частота, перший цифровий компаратор, датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, 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, комутатор, блок запуску та буфер даних. 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 аналого-цифрового перетворювача. Вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента 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 постійного запам'ятовуючий 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 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. Вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення. Вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента І, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого цифро-аналогового перетворювача. Вихід генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, перший, другий та третій виходи якого з'єднані зі входами

UA 159833 U

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 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 перетворювача напруга-частота. Вихід з'єднаний зі входами дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, з другим входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом аналого-цифрового перетворювача та з п'ятим входом відеоконтрольного блока. Вихід інтерфейсного блока підключений в кола ЕОМ. Вихідна цифрова шина 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. Вихід комутатора з'єднаний з першим входом інтерфейсного блока. В нього введено компаратор, п'ятий елемент І, два лічильники, другий цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор. Вихід третього цифро-аналогового перетворювача з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І, другий вхід якого разом з першим входом третього лічильника з'єднані з виходом першого елемента І. Перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника. Другий вхід підключений до виходу елемента НІ. Вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І. Вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації. Вихід з'єднаний зі входом індикатора.



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для безконтактного вимірювання температури об'єктів, що обертаються, з подальшою оцінкою радіального биття, зокрема ротора гідрогенераторів.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 68779, МПК G01K 13/08, бюл. № 7, 2012), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач (ІЧ), що містить n окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота, виходи n окремих ІЧ сенсорів з'єднані з вхідною шиною буферного регістра, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора, вихід якого з'єднаний з першими входами відеоконтрольного блока (ВКБ) та аналого-цифрового перетворювача (АЦП), вихідна шина 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 постійного 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 розподілювача 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 радіальне биття ротора гідрогенератора в процесі його роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює доступ до його обертових частин.

Як найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 127511, МПК G01K 13/08, бюл. № 15, 2018), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота, цифровий компаратор (в подальшому - перший цифровий компаратор), датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, 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, комутатор, блок запуску та буфер даних, 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 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 розподілювача 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, з другим входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихід інтерфейсного блока підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина 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 тепловий портрет ротора гідрогенератора в процесі його роботи з подальшою оцінкою рівня радіального биття ротора, із-за відсутності можливості доступу до його обертових частин, враховуючи, що гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі за вимірюваним тепловим портретом ротора в процесі його обертання оцінювати рівень радіального биття ротора, що дозволяє розширити функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих ІЧ сенсорів, перетворювач напруга-частота, перший цифровий компаратор, датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, 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, комутатор, блок запуску та буфер даних, 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 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, 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 розподілювача 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, з другим входом інтерфейсного блока, з першим входом комутатора, з другим входом АЦП та з п'ятим входом ВКБ, вихід інтерфейсного блока підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина 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, введено компаратор, п'ятий елемент І, два лічильники, другий цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор, причому вихід третього ЦАП з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І, другий вхід якого разом з першим входом третього лічильника з'єднані з виходом першого елемента І, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника, а другий вхід підключений до виходу елемента НІ, вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації, а вихід з'єднаний зі входом індикатора.

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - блок задання положення; 2 - перший цифровий компаратор; 3 - третій елемент І; 4 - тригер; 5 - датчик положення; 6 - генератор імпульсів; 7 - розподілювач тактів; 8, 9 - перший та другий регістри; 10 - цифровий суматор; 11 - третій регістр; 12 - другий цифро-аналоговий перетворювач; 13 - другий компаратор; 14 - електронний ключ; 15 - об'єктив; 16 - інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів 16.1…16.n; 17 - перший компаратор; 18 - інвертор; 19 - реверсивний лічильник; 20 - перший цифро-аналоговий перетворювач; 21 - 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; 35 - відеоконтрольний блок; 36 - інтерфейсний блок; 37 - аналого-цифровий перетворювач; 38 - другий лічильник; 39 - блок запуску; 40 - буфер даних; 41 - третій цифро-аналоговий перетворювач, 42 - третій лічильник; 43 - компаратор; 44 - п'ятий елемент І; 45 - четвертий лічильник; 46 - блок задання вібрації; 47 - другий цифровий компаратор; 48 - індикатор, причому виходи n окремих ІЧ сенсорів 16.1…16.n з'єднані з вхідною шиною буферного регістра 24, вихідна шина якого підключена до вхідної шини комутатора 28, вихід якого з'єднаний з першим входом АЦП 37, 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 І 29 та до входу елемента НІ 26, вихід якого з'єднаний з другими входами буферного регістра 24, комутатора 28, ВКБ 35, другого елемента І 27 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 І 29 та другого елемента І 27, вихід якого підключений до третього входу реверсивного лічильника 19, вихідна шина якого з'єднана з вхідною шиною першого ЦАП 20, 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 І 3, 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 розподілювача 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 перетворювача напруга-частота 21 підключені до виходу першого ЦАП 20, вихід тригера 4 з'єднаний з першим входом четвертого елемента І 22, другий вхід якого підключений до виходу перетворювача напруга-частота 21, а вихід з'єднаний зі входами дільника частоти 23, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 32, з другим входом інтерфейсного блока 36, з першим входом комутатора 28, з другим входом АЦП 37 та з п'ятим входом ВКБ 35, вихід інтерфейсного блока 36 підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина АЦП 37 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною буфера даних 40, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини третього ЦАП 41, вихід якого з'єднаний з першим входом ВКБ 35, вихід блока запуску 39 підключений до входу буфера даних 40, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого лічильника 38, вхід якого підключений до виходу четвертого елемента І 22, вихід комутатора 28 з'єднаний з першим входом інтерфейсного блока 36, вихід третього ЦАП 41 з'єднаний зі входом компаратора 43, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І 44, другий вхід якого разом з першим входом третього лічильника 42 з'єднані з виходом першого елемента І 29, а перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника 42, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника 30, а другий вхід підключений до виходу елемента НІ 26, вихід першого лічильника 30 з'єднаний з другим входом четвертого лічильника 45, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І 44, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора 47, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації 46, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 48, позицією 15 позначено об'єктив.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення генератор імпульсів 6 починає формувати послідовність імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 15 на лінійку n окремих ІЧ сенсорів 16.1-16.n ІЧ приймача 16, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора в кожен момент часу в поле зору ІЧ приймача 16 потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора в процесі його роботи. Зауважимо, що частина сенсорів 16.1-16.n ІЧ приймача 16 знаходиться за межами найвіддаленішої точки ротора гідрогенератора.

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 почергово на виходах розподілювача тактів 7 формуються імпульси. Сигналом з першого виходу розподілювача тактів 7 в перший регістр 8 записується код з виходу датчика положення 5. В другий регістр 9 сигналом з другого виходу розподілювача 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 розподілювача тактів 7. Другий ЦАП 12 здійснює перетворення значення швидкості обертання ротора гідрогенератора з цифрової форми в аналогову. Якщо значення швидкості менше

порогу, заданого другим компаратором 13, то пристрій знаходиться в стані очікування і тепловий портрет ротора не фіксується. Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора перевищує поріг спрацьовування другого компаратора 13, то на його виході встановлюється сигнал логічної одиниці, яким розблоковується тригер 4 та відкривається третій елемент 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 першого 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 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 в залежності 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 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 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 третього 42 та першого 30 лічильників, 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.

В залежності від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора вибрана частота формування імпульсів f_1 перетворювача напруга-частота 21, що пов'язано співвідношенням $f_1/n=\omega/(2\pi \cdot m)$, де $m=360°/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору ІЧ приймача 16, n - коефіцієнт ділення дільника частоти 23, що відповідає кількості окремих ІЧ сенсорів ІЧ приймача 16. Отже, з частотою f_1/n, при поточній швидкості обертання ротора, на виході дільника частоти 23 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 24 на час $\Delta T=n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих ІЧ сенсорів ІЧ приймача 16. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n \cdot m$). Комутатором 28 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 24 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 28 потрапляє на вхід інтерфейсного блока 36, в якому він перетворюється в цифрову форму та передається в ЕОМ.

Зазначимо, що потік інформації з виходу комутатора 28 про теплове зображення обмотки ротора потрапляє також в буфер даних 40 через АЦП 37 в цифровій формі. Під управлінням другого лічильника 38 інформація послідовно розміщується в буфері даних 40. 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 41 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 так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $R_i \cdot \sin\varphi_j$ та $R_i \cdot \cos\varphi_j$, відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 5. При цьому $i = \overline{0,n}$, $j = \overline{0,m}$.

На вхід ПЗБ 31 сигнали надходять з першого елемента І 29 через послідовно ввімкнені третій 42 та перший 30 лічильники, загальний коефіцієнт перерахунку яких дорівнює m. В результаті на екрані ВКБ 35 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу синхронізації (з виходу перетворювача напруга-частота 21 через четвертий елемент І 22) формується 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 39 буфер даних 40 переводиться в режим повторного неперервного зчитування записаної в ньому інформації з подальшим її виведенням через третій ЦАП 41 на ВКБ 35. Цей процес здійснюється до тих пір, поки активним є сигнал з виходу блока запуску 39.

Підкреслимо, що частина сенсорів 16.1-16.n ІЧ приймача 16, які найбільше віддалені від осі ротора гідрогенератора, виконують функцію не тільки передачі теплового зображення, що потрапляє в їхнє поле зору, але й функцію формування теплового портрету краю ротора при появі в ньому радіального биття. Це забезпечується так.

Як зазначалось, третій 42 та перший 30 лічильники мають загальний коефіцієнт перерахунку m. Враховуючи те, що лише незначна частина сенсорів 16.1-16.n ІЧ приймача 16 використовується для відслідковування радіального биття ротора гідрогенератора, то, очевидно, що коефіцієнт перерахунку третього лічильника 42 дещо менший від m, а до значення m його доповнює перший лічильник 30.

А тому при надходженні послідовності імпульсів з виходу першого елемента І 29 в момент заповнення імпульсами третього лічильника 42 на його другому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який разом з послідовністю імпульсів з виходу першого елемента І 29 надходить на входи п'ятого елемента І 44. Одночасно послідовність сигналів, пропорційних температурі сканованої поверхні, з виходу третього ЦАП 41 подається на компаратор 43 і з виходу останнього у вигляді сигналів логічного нуля або одиниці надходить на третій вхід п'ятого елемента І 44. Очевидно, що коли температура сканованої поверхні менша порогу спрацьовування компаратора 43, то на його виході присутній сигнал логічного нуля, внаслідок чого на виході п'ятого елемента І 44 присутній також сигнал логічного нуля. У разі, коли у зоні сканування з'являється край сканованої поверхні ротора гідрогенератора, що свідчить про появу радіального биття в роторі гідрогенератора, то на виході компаратора 43 формуються сигнали логічної одиниці та на виході п'ятого елемента І 44 формується послідовність імпульсів, яка надходить на вхід четвертого лічильника 45.

У разі, коли рівень радіального биття незначний і цифровий код на виході четвертого лічильника 45 менше значення цифрового коду, що записаний в блоці задання вібрації 46, на виході другого цифрового компаратора 47 присутній сигнал логічного нуля. Якщо рівень радіального биття зростає, то на виході другого цифрового компаратора 47 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на індикатор 48.

По завершенню сканування вздовж лінійки сенсорів 16.1-16.n ІЧ приймача 16 на виході першого лічильника 30 з'являється сигнал логічної одиниці, яким скидається четвертий лічильник 45 та розпочинається сканування наступного сектору ротора гідрогенератора.

Таким чином в кожному секторі сканування поверхні ротора гідрогенератора можна спостерігати наявність або відсутність радіального биття, що і відображається по зовнішньому контуру зображення у відеоконтрольному блоці 35.

Очевидно, що згідно запропонованого алгоритму 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.

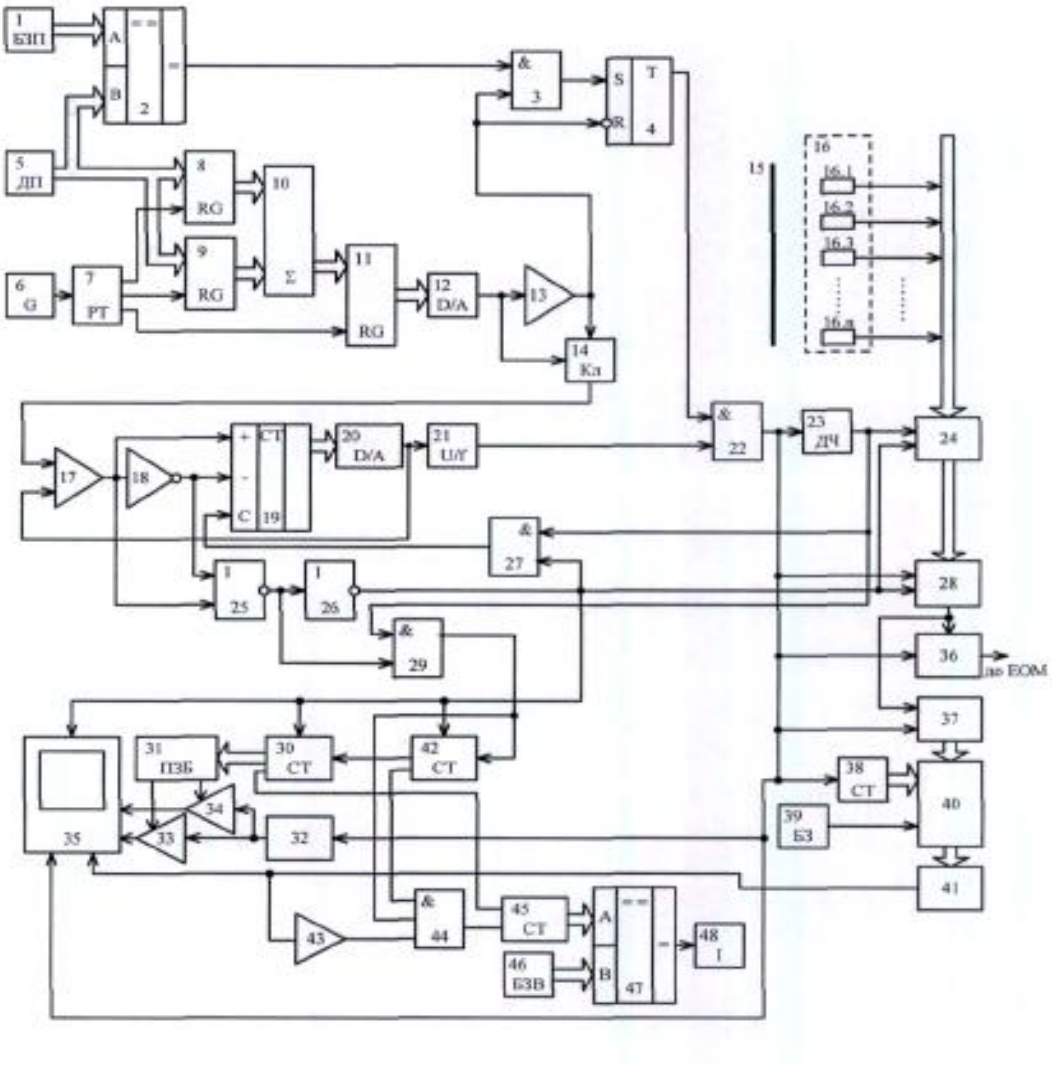
Якщо швидкість обертання ротора гідрогенератора змінюється, наприклад, зменшується, то на першому вході першого компаратора 17 сигнал зменшується, на його виході встановлюється сигнал від'ємної полярності, внаслідок чого на виході інвертора 18 встановлюється сигнал логічної одиниці і реверсивний лічильник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

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.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для тепловізійного діагностування ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, перетворювач напруга-частота, перший цифровий компаратор, датчик положення, блок задання положення, три регістри, розподілювач тактів, цифровий суматор, генератор імпульсів, постійний запам'ятовуючий блок, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, 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, комутатор, блок запуску та буфер даних, 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 аналого-цифрового перетворювача, вихід першого компаратора підключений до перших входів реверсивного лічильника, елемента АБО-НІ та до входу інвертора, вихід якого з'єднаний з другими входами реверсивного лічильника та елемента АБО-НІ, вихід якого підключений до другого входу першого елемента І та до входу елемента 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 постійного 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, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом третього елемента І, вихід якого підключений до першого входу тригера, а другий вхід якого разом з другими входами тригера та електронного ключа підключені до виходу другого компаратора, вхід якого разом з першим входом електронного ключа з'єднані з виходом другого цифро-аналогового перетворювача, вихід генератора імпульсів підключений до входу розподілювача 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 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 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 аналого-цифрового перетворювача та з п'ятим входом відеоконтрольного блока, вихід інтерфейсного блока підключений в кола ЕОМ, вихідна цифрова шина 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, вихід комутатора з'єднаний з першим входом інтерфейсного блока, який **відрізняється** тим, що в нього введено компаратор, п'ятий елемент І, два лічильники, другий цифровий компаратор, блок задання вібрації та індикатор, причому вихід третього цифро-аналогового перетворювача з'єднаний зі входом компаратора, вихід якого підключений до третього входу п'ятого елемента І, другий вхід якого разом з першим входом третього лічильника з'єднані з виходом першого елемента І, а

перший вхід підключений до другого виходу третього лічильника, перший вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника, а другий вхід підключений до виходу елемента НІ, вихід першого лічильника з'єднаний з другим входом четвертого лічильника, перший вхід якого підключений до виходу п'ятого елемента І, а вихідна цифрова шина з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання вібрації, а вихід з'єднаний зі входом індикатора.



Комп'ютерна верстка О. Гергіль

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