



УКРАЇНА

(19) UA (11) 156921 (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 00033</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>

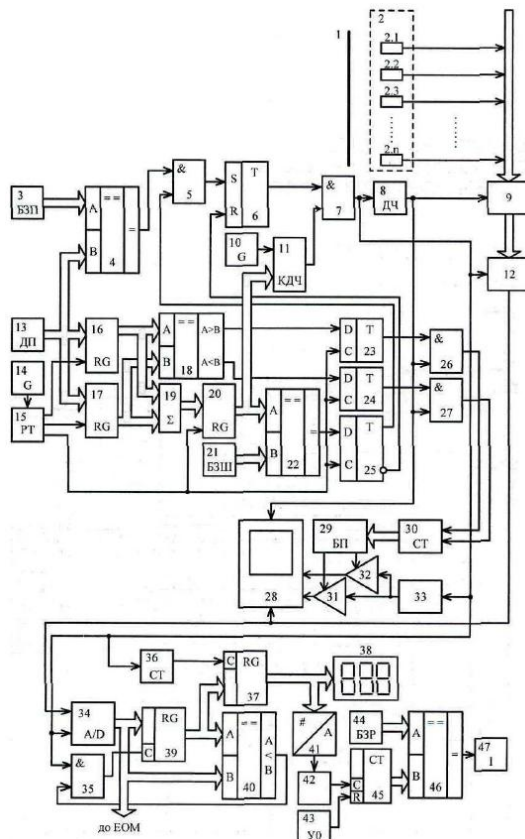
## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

### (57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи I, чотири тригери, два генератори імпульсів, 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, 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 першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом першого 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 та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою 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 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, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких

UA 156921 U

з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів І, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента І, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів, другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом ділника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів. В нього введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, п'ятий елемент І, аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, індикатор та блок задання ресурсу. 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 четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, другий вхід п'ятого 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 п'ятого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід четвертого цифрового компаратора підключений до першого входу п'ятого 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 ЕОМ.



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 прототип вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент на корисну модель України № 131237, МПК G01K 13/08, опубл. 10.01.2019, бюл. № 1), що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить п окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи I, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, розподільувач тактів, цифровий 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 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 першого 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 та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого

з'єднана зі вхідною цифровою 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 регістрів, 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 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 керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента І, перший та другий виходи розподільвача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані відповідно з першими входами третього та четвертого елементів І, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента І, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів, другі входи третього та четвертого елементів І з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу 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 поставлена задача створення пристрою для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі вимірювати та оцінювати за тепловим портретом витрачання ресурсу ізоляції обмоток ротора гідрогенератора, що розширює функціональні можливості пристрою та дозволяє оцінювати стан роботоздатності об'єкта дослідження.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить  $n$  окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи І, чотири тригери, два генератори імпульсів, дільник частоти, буферний регістр, датчик положення, три регістри, 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 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 І, вихід якого з'єднаний з першим входом першого 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 та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою 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 керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, перший та другий виходи розподільювача тактів з'єднані зі входами першого та другого регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів I, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента I, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільювача тактів, другі входи третього та четвертого елементів I з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільювача тактів, згідно з корисною моделлю, в нього введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, п'ятий елемент I, аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, індикатор 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 четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, другий вхід п'ятого елемента I разом зі входом другого лічильника та з другим входом аналого-цифрового перетворювача 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 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 п'ятого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід четвертого цифрового компаратора підключений до першого входу п'ятого 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 аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена в кола ЕОМ.

В пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить n окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи I, чотири тригери, два генератори імпульсів, 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, 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 першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом першого 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 та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою 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 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, вихідні цифрові шини першого та другого регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів I, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента I, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів, другі входи третього та четвертого елементів I з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, введено два лічильники, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, п'ятий елемент I, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, індикатор 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 четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП, другий вхід п'ятого 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 п'ятого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід четвертого цифрового компаратора підключений до першого входу п'ятого 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.

Суть корисної моделі пояснює креслення, на якому зображено 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 - блок задання положення; 4 - перший цифровий компаратор; 5 - перший елемент I; 6 - перший тригер; 7 - другий елемент I; 8 - дільник частоти; 9 - буферний регістр; 10 - другий генератор імпульсів; 11 - керований дільник частоти; 12 - комутатор; 13 - датчик положення; 14 - перший генератор імпульсів; 15 - розподільвач тактів; 16 - перший регістр; 17 - другий регістр; 18 - третій цифровий компаратор; 19 - цифровий суматор; 20 - третій регістр; 21 - блок задання швидкості; 22 - другий цифровий компаратор; 23 - другий тригер; 24 - третій тригер; 25 - четвертий тригер; 26 - третій елемент I; 27 - четвертий елемент I; 28 - відеоконтрольний блок; 29 - блок пам'яті; 30 - перший лічильник; 31, 32 - перший та другий керовані підсилювачі; 33 - генератор напруги, 34 - аналого-цифровий перетворювач; 35 - п'ятий елемент I; 36 - другий лічильник; 37 - п'ятий регістр; 38 - цифровий індикатор; 39 - четвертий регістр; 40 - четвертий цифровий компаратор; 41 - цифро-аналоговий перетворювач; 42 - перетворювач напруга-частота; 43 - блок установки нуля; 44 - блок задання ресурсу; 45 - третій лічильник; 46 - п'ятий цифровий компаратор; 47 - індикатор, причому n виходів 2.1...2.n інфрачервоного приймача 2 підключені до вхідної шини буферного регістра 9, блок задання положення 3 та датчик положення 13 з'єднані своїми вихідними цифровими шинами, відповідно, з першою та другою вхідними цифровими шинами першого цифрового компаратора 4, вихід якого підключений до першого входу першого елемента I 5, вихід якого з'єднаний з першим входом першого тригера 6, вихід якого підключений до першого входу другого елемента I 7, вихід якого з'єднаний зі входами дільника частоти 8, комутатора 12 та генератора напруги 33, вихід якого підключений до других входів першого 31 та другого 32 керованих підсилювачів, виходи яких з'єднані відповідно із третім та другим входами відеоконтрольного блока 28, вихід дільника частоти 9 підключений до першого входу відеоконтрольного блока 28 та до входу буферного регістра 9, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною комутатора 12, вихід якого

підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока 28, вихідна цифрова шина першого лічильника 30 з'єднана зі вхідною цифровою шиною блока пам'яті 29, перший та другий виходи якого підключені до перших входів відповідно другого 32 та першого 31 керованих підсилювачів, вихідна цифрова шина датчика положення 13 з'єднана зі вхідними цифровими шинами першого 5 16 та другого 17 регістрів, вихідні цифрові шини яких підключені до першої та другої вхідних цифрових шин цифрового суматора 19, вихідна цифрова шина блока задання швидкості 21 підключена до другої вхідної цифрової шини другого цифрового компаратора 22, 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 10 цифрового компаратора 22 та до вхідної цифрової шини керованого дільника частоти 11, вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів 10, вихід керованого дільника частоти 11 підключений до другого входу другого елемента I 7, перший та другий виходи розподільвача тактів 15 з'єднані зі входами першого 16 та другого 17 регістрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього регістра 20, вихідні цифрові шини першого 16 та другого 17 15 регістрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора 18, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого 23 та третього 24 тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього 26 та четвертого 27 елементів I, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника 30, відповідно, вихід другого цифрового компаратора 22 з'єднаний з 20 першим входом четвертого тригера 25, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента I 5, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера 6, другі входи другого 23, третього 24 та четвертого 25 тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів 15, другі входи третього 26 та четвертого 27 елементів I з'єднані з виходом дільника частоти 8, вихід першого генератора імпульсів 14 підключений до входу розподільвача тактів 25 15, вихідна цифрова шина АЦП 34 з'єднана зі вхідною цифровою шиною четвертого регістра 39, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини п'ятого регістра 37 та до першої вхідної цифрової шини четвертого цифрового компаратора 40, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною АЦП 34, другий вхід п'ятого елемента 135 разом зі входом другого лічильника 36 та з другим входом АЦП 34 підключені до виходу другого 30 елемента I 7, вихідна цифрова шина п'ятого регістра 37 з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифрового індикатора 38 та зі вхідною цифровою шиною ЦАП 41, вихід якого підключений до входу 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 п'ятого цифрового компаратора 46, 35 перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу 44, а вихід з'єднаний зі входом індикатора 47, вихід четвертого цифрового компаратора 40 підключений до першого входу п'ятого елемента I 35, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого регістра 39, вихід другого лічильника 36 підключений до входу п'ятого регістра 37, вихід комутатора 12 з'єднаний з першим входом АЦП 34, вихідна цифрова шина якого 40 підключена в кола ЕОМ, позицією 1 позначено об'єktiv.

Запропонований пристрій працює так. При подачі напруги живлення перший 14 та другий 10 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Одночасно вихідним сигналом блока установки нуля 43 третій лічильник 45 скидається. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора, що 45 знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єktiv 1 на лінійку n окремих інфрачервоних сенсорів 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 50 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 28 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це зумовлено наступним. Під впливом першого генератора імпульсів 14 почергово на виходах розподільвача тактів 15 формуються 55 сигнали. Сигналом з першого виходу розподільвача тактів 15 в перший регістр 16 записується код з виходу датчика положення 13. В другий регістр 17 сигналом з другого виходу розподільвача тактів 15 записується інший код з виходу датчика положення 13. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується першим генератором імпульсів 14, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора, що і визначається в цифровому суматорі 60 19. Сигналом з третього виходу розподільвача тактів 15 ця різниця кодів записується в третій

регiстр 20, з якого вона подається на вхiдну цифрову шину керованого дiльника частоти 11 та першу вхiдну цифрову шину другого цифрового компаратора 22, в якому здiйснюється порiвняння у виглядi кодiв поточної швидкостi обертання ротора гiдрогенератора з мiнiмальною, яка записана в блоцi задання швидкостi 21. У випадку, коли швидкiсть менша вiд мiнiмальної, на виходi другого цифрового компаратора 22 присутнiй сигнал логiчного нуля, внаслiдок чого синхроiмпульси з виходу керованого дiльника частоти 11 в подальшi кола не надходять. При цьому тепловий портрет ротора не фiксується.

Одночасно сигнали з виходiв першого 16 та другого 17 регiстрiв надходять на входи третього цифрового компаратора 18, де вiдбувається визначення напрямку обертання ротора гiдрогенератора. Якщо обертання вiдбувається в одному напрямку, то, наприклад, на першому виходi третього цифрового компаратора 18 з'являється сигнал логiчної одиницi. Якщо ж обертання вiдбувається в iншому напрямку, то сигнал логiчної одиницi з'являється на другому виходi третього цифрового компаратора 18. Сигнали з першого i другого виходiв третього цифрового компаратора 18 запам'ятовуються, вiдповiдно, в другому 23 i третьому 24 тригерах пiд впливом сигналу з третього виходу розподiлювача тактiв 15. При цьому третiй 26 або четвертий 27 елемент I вiдкривається та на один з входiв першого лiчильника 30 надходять iмпульси з виходу дiльника частоти 8. Таким чином враховується напрям обертання ротора гiдрогенератора при побудовi теплового портрета останнього.

Якщо ж швидкiсть обертання ротора гiдрогенератора стає рiвною або бiльшою за мiнiмальну, то на виходi другого цифрового компаратора 22 з'являється сигнал логiчної одиницi, який подається на перший вхiд четвертого тригера 25 i при наявностi сигналу на третьому виходi розподiлювача тактiв 15 з виходу четвертого тригера 25 сигнали розблоковують перший елемент I 5 та перший тригер 6. В момент обертання ротора, коли вiн знаходиться в умовному початковому положеннi, коди з виходу датчика положення 13 та з виходу блока задання положення 3 спiвпадають, на виходi першого цифрового компаратора 4 з'являється сигнал логiчної одиницi, яким через перший елемент I 5 встановлюється в одиничний стан перший тригер 6. При цьому сигнал логiчної одиницi з виходу першого тригера 6 подається на перший вхiд другого елемента I 7. Зазначимо, що iмпульси з виходу другого генератора iмпульсiв 10 подаються на вхiд керованого дiльника частоти 11, який керується кодом з вихiдної цифрової шини третього регiстра 20. Отже, з виходу керованого дiльника частоти 11 iмпульси подаються на другий вхiд другого елемента I 7, вихiднi послiдовностi iмпульсiв починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет ротора гiдрогенератора на екранi вiдеоконтрольного блока 28.

Залежно вiд кутової швидкостi  $\omega$  обертання ротора гiдрогенератора вибрана частота формування iмпульсiв  $f_1$  на виходi керованого дiльника частоти 11, що пов'язано спiввiдношенням  $f_1/n = \omega / (2\pi \cdot m)$ , де  $m = 360^\circ / \beta$ ,  $\beta$  - мiнiмальний сектор поверхнi ротора, що потрапляє в поле зору iнфрачервоного приймача 2,  $n$  - коефiцiєнт дiлення дiльника частоти 8, що вiдповiдає кiлькостi окремих iнфрачервоних сенсорiв iнфрачервоного приймача 2. Отже, з частотою  $f_1/n$ , при номiнальнiй швидкостi обертання ротора, на виходi дiльника частоти 8 з'являються iмпульси, якими фiксуються у буферному регiстрi 9 на час  $\Delta T = n/f_1$  електричнi сигнали в аналоговому виглядi з виходiв  $n$  окремих iнфрачервоних сенсорiв iнфрачервоного приймача 2. Амплiтуди цих сигналiв пропорцiйнi температурi елементарних дiлянок поверхнi об'єкта (кiлькiсть таких дiлянок  $N = n \cdot m$ ). Комутатором 12 здiйснюється зчитування iнформацiї з буферного регiстра 9 з наступним її перетворенням iз паралельного виду представлення в послiдовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 12 потрапляє на вхiд вiдеоконтрольного блока 28.

Генератор напруги 33, перший 31 та другий 32 керованi пiдсилювачi i блок пам'ятi 29 призначенi для формування сигналiв розгортки вiдеоконтрольного блока 28. Сигнал частотою  $f_1$ , що надходить на вхiд генератора напруги 33, на виходi приймає ступiнчасту форму (мiстить  $n$  складових) i подається на входи першого 31 i другого 32 керованих пiдсилювачiв, коефiцiєнт пiдсилення яких задається вихiдними сигналами блока пам'ятi 29. При цьому коефiцiєнти пiдсилення першого 31 та другого 32 керованих пiдсилювачiв задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорцiйнi  $R_i \cdot \sin \varphi_i$  та  $R_i \cdot \cos \varphi_i$  вiдповiдно, де  $R_i$  - радiус,  $\varphi_i$  - кут координати елементарної дiлянки поверхнi ротора в полярнiй системi координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 13. При цьому  $i = \overline{0, n}$ ,  $j = \overline{0, m}$ .

На вхiд блока пам'ятi 29 сигнали надходять з першого лiчильника 30, коефiцiєнт перерахунку якого дорiвнює  $m$ . В результатi на екранi вiдеоконтрольного блока 28 при наявностi одного iнформацiйного сигналу, двох сигналiв розгортки та сигналу з виходу дiльника частоти 8 формується зображення, що вiдповiдає тепловому портрету ротора гiдрогенератора.



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

Вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, залежно від температури впливу на ізоляцію, за тепловим портретом здійснюється так. Одночасно аналогові сигнали з виходу комутатора 12 потрапляють і на відеоконтрольний блок 28, і на вхід АЦП 34, в якому по сигналу з виходу другого елемента I 7 здійснюється їх перетворення в цифровий код. По закінченню першого перетворення в четвертому цифровому компараторі 40 здійснюється порівняння цифрового коду з виходу АЦП 34 та нульового коду, записаного в четвертому регістрі 39. При цьому на виході четвертого цифрового компаратора 40 з'являється сигнал логічної одиниці, яким відкривається п'ятий елемент I 35 і по сигналу з виходу другого елемента I 7 цифровий код з виходу АЦП 34 записується в четвертий регістр 39. При черговому циклі аналого-цифрового перетворення на виході АЦП 34 з'являється цифровий код, який порівнюється з кодом, записаним в четвертому регістрі 39. І якщо цифровий код на виході АЦП 34 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. По завершенню повного оберту досліджуваного об'єкта на виході другого лічильника 36, коефіцієнт ділення якого дорівнює  $N$ , з'являється імпульс, яким інформація з четвертого регістра 39 переписується в п'ятий регістр 37 та виводиться на цифровий індикатор 38. Одночасно цифровий код з виходу п'ятого регістра 37 надходить на вхід ЦАП 41, вихідний аналоговий сигнал якого подається на вхід 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.

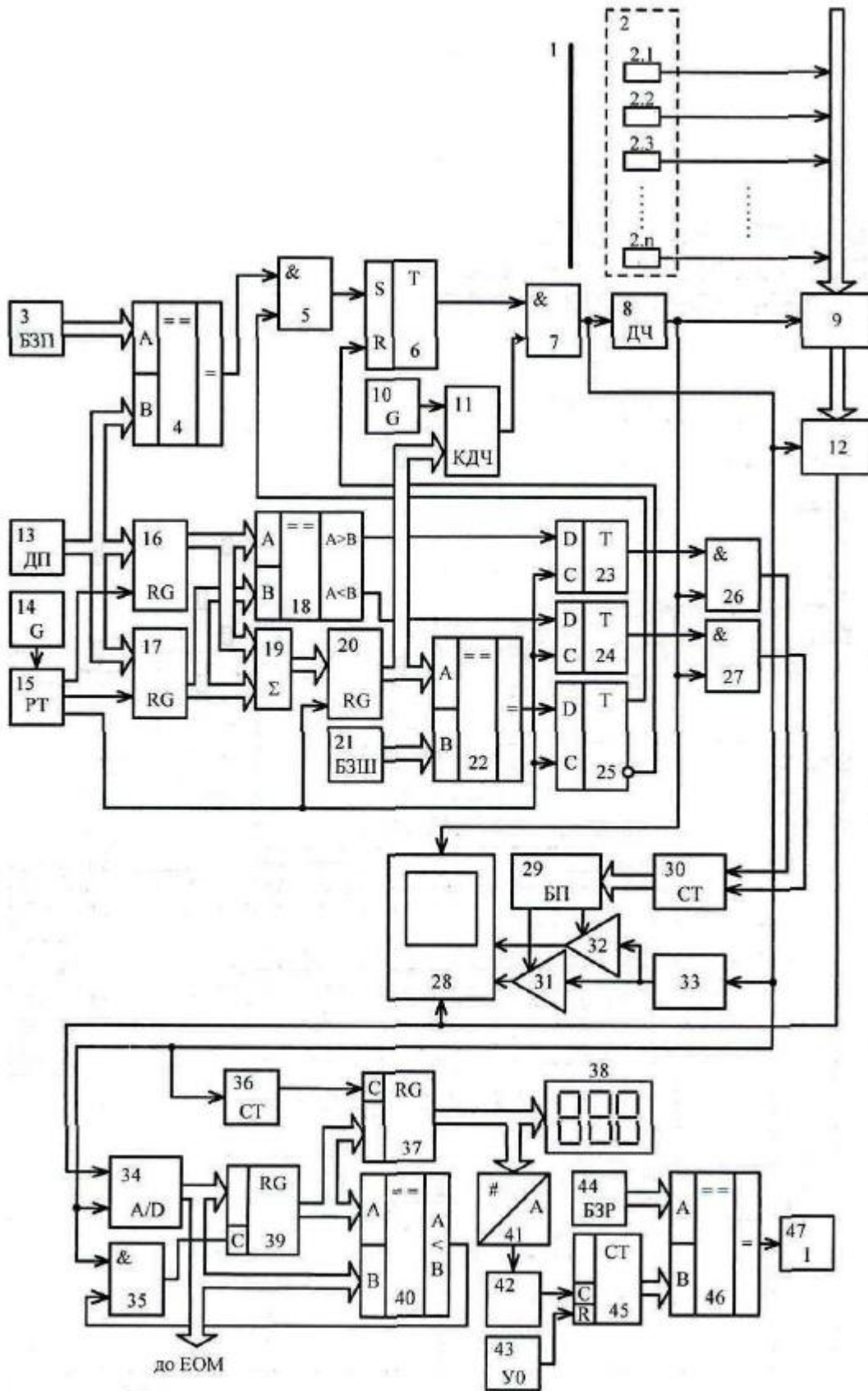
У випадку, коли ресурс роботи ізоляції ротора, що залежить від температури, вичерпується цифровий код на виході третього лічильника 45 досягає значення, записаного в блоці задання ресурсу 44. При цьому на виході п'ятого цифрового компаратора 46 з'являється сигнал логічної одиниці, яким вмикається індикатор 47, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора.

Цифровий код з виходу АЦП 34 передається в ЕОМ для подальшого оброблення.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання ресурсу ізоляції ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, інфрачервоний приймач, що містить  $n$  окремих інфрачервоних сенсорів, блок задання положення, три цифрові компаратори, чотири елементи I, чотири тригери, два генератори імпульсів, 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 першого елемента I, вихід якого з'єднаний з першим входом першого 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 та до входу буферного регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою 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 керованого дільника частоти підключений до другого входу другого елемента I, перший та другий виходи розподільвача тактів з'єднані зі входами першого та другого реєстрів, відповідно, а третій вихід підключений до входу третього реєстра, вихідні цифрові шини першого та другого реєстрів з'єднані з першою та другою вхідними цифровими шинами третього цифрового компаратора, відповідно, перший та другий виходи якого підключені, відповідно, до перших входів другого та третього тригерів, виходи яких з'єднані, відповідно, з першими входами третього та четвертого елементів I, виходи яких підключені до першого та другого входів першого лічильника, відповідно, вихід другого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом четвертого тригера, перший вихід якого підключений до другого входу першого елемента I, а другий вихід з'єднаний з другим входом першого тригера, другі входи другого, третього та четвертого тригерів підключені до третього виходу розподільвача тактів, другі входи третього та четвертого елементів I з'єднані з виходом дільника частоти, вихід першого генератора імпульсів підключений до входу розподільвача тактів, який **відрізняється** тим, що в нього введено два лічильники, два реєстри, два цифрові компаратори, цифровий індикатор, п'ятий елемент I, аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, перетворювач напруга-частота, блок установки нуля, індикатор та блок задання ресурсу, 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 четвертого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною аналого-цифрового перетворювача, другий вхід п'ятого елемента I разом зі входом другого лічильника та з другим входом аналого-цифрового перетворювача підключені до виходу другого елемента I, вихідна цифрова шина п'ятого реєстра 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 п'ятого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання ресурсу, а вихід з'єднаний зі входом індикатора, вихід четвертого цифрового компаратора підключений до першого входу п'ятого елемента I, вихід якого з'єднаний зі входом четвертого реєстра, вихід другого лічильника підключений до входу п'ятого реєстра, вихід комутатора з'єднаний з першим входом аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого підключена в кола EOM.



Комп'ютерна верстка І. Скворцова

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