



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 158480

(13) U

(51) МПК

G01R 17/12 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

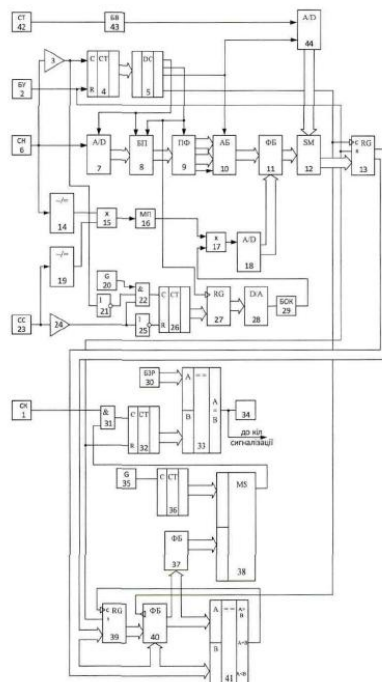
(21) Номер заявки: u 2024 03635	(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Віталійович (UA), Грабко Валентин Володимирович (UA), Бабій Сергій Миколайович (UA), Гулько Ілля Андрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 15.07.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.02.2025	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.02.2025, Бюл.№ 7	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ РОБОЧОГО РЕСУРСУ СИЛОВИХ СТАТИЧНИХ КОНДЕНСАТОРІВ**(57) Реферат:**

Пристрій для контролю робочого ресурсу силових статичних конденсаторів містить сенсор комутації, блок установки нуля, віднімаючий лічильник імпульсів, дешифратор, два генератори імпульсів, три лічильники імпульсів, сенсор напруги, два аналого-цифрові перетворювачі, блок пам'яті, перетворювач Фур'є. Арифметичний блок, три функціональні блоки, три регістри, комутатор, два логічні елементи І, блок задання ресурсу, два цифрові компаратори, індикатор, два компаратори, перетворювач змінного струму в постійну напругу, два помножувачі сигналів, масштабуючий підсилювач, перетворювач змінної напруги в постійну напругу, сенсор струму, два логічні елементи ІІІ. Цифро-аналоговий перетворювач, блок обчислення косинусу кута зсуву сигналів, причому вихід сенсора комутації з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І, другий вхід якого підключений до виходу комутатора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів, вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, вихід першого логічного елемента І з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів, установочний вхід якого підключений до виходу блока установки нуля. Вихідна цифрова шина блока задання ресурсу з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з входом індикатора і колами сигналізації об'єкта контролю, вихід сенсора напруги через перший компаратор підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів, установочний вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого аналого-цифрового перетворювача і першим керуючим входом блока пам'яті. Другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом перетворювача Фур'є підключені до другого виходу дешифратора, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом арифметичного блока, а четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра, вихід сенсора напруги підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача. Вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини перетворювача Фур'є, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами і другим керуючим входом арифметичного блока, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини першого функціонального блока, друга вихідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого аналого-цифрового

UA 158480 U

перетворювача. Вихід сенсора напруги через перетворювач змінної напруги в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів, другий вхід якого підключений до виходу сенсора струму через перетворювач змінного струму в постійну напругу, вихід першого помножувача сигналів через масштабуючий підсилювач з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів, вихід якого підключений до входу другого аналого-цифрового перетворювача, а другий вхід з'єднаний з виходом блока обчислення косинусу кута зсуву сигналів. Вхід якого підключений до виходу цифро-аналогового перетворювача, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом другого логічного елемента І, до другого входу якого через перший логічний елемент НІ підключений вихід першого компаратора, вихід сенсора струму через другий компаратор з'єднаний з третім входом другого логічного елемента І, а також через другий логічний елемент НІ підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів. Лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра, керуючий вхід третього функціонального блока з'єднаний з четвертим виходом дешифратора, установочні входи першого і третього регістрів підключені до виходу блока установки нуля. Вихідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, другою вхідною цифровою шиною третього функціонального блока та другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого разом з вхідною цифровою шиною другого функціонального блока підключені до вихідної цифрової шини третього функціонального блока. Вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною третього регістра, керуючий вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина другого функціонального блока з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора. В нього введено сенсор температури навколишнього середовища, блок віднімання, третій аналого-цифровий перетворювач та цифровий суматор. Вихід сенсора температури навколишнього середовища підключений до входу блока віднімання, вихід якого з'єднаний з першим входом третього аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого підключений до третього виходу дешифратора. Вихідна цифрова шина першого функціонального блока з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого регістра. Друга вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною третього аналого-цифрового перетворювача.



Корисна модель належить до області електротехніки і може бути використана для вимірювання робочого ресурсу силових статичних конденсаторів.

Відомий пристрій для вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів (Патент України № 34246, МПК G01R 17/12, бюл. №1, 2001), що містить датчик комутації, вихід якого з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І, другий вхід якого підключений до виходу комутатора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів, лічильний вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, вихід першого логічного елемента І з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів, установочний вхід якого підключений до виходу блока установки нуля, вихідна цифрова шина блока задання ресурсу з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, вихід цифрового компаратора з'єднаний з виходом індикатора і колами сигналізації об'єкта вимірювання, вихід датчика напруги через перший компаратор підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів, установочний вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і першим керуючим входом блока пам'яті, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом перетворювача Фур'є підключені до другого виходу дешифратора, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом арифметичного блока, а четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора, вихід датчика напруги підключений до входу першого АЦП, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини перетворювача Фур'є, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами і другим керуючим входом арифметичного блока, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини функціонального блока, вхідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вихідною цифровою шиною функціонального блока, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого АЦП, вихід датчика напруги через перетворювач змінної напруги в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів, другий вхід якого підключений до виходу датчика струму через перетворювач змінного струму в постійну напругу, вихід першого помножувача сигналів через масштабуючий підсилювач з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів, вихід якого підключений до входу другого АЦП, а другий вхід з'єднаний з виходом блока обчислення косинусу кута зсуву сигналів, вхід якого підключений до виходу цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом другого логічного елемента І, до другого входу якого через перший логічний елемент НІ підключений вихід першого компаратора, вихід датчика струму через другий компаратор з'єднаний з третім входом другого логічного елемента І, а також через другий логічний елемент НІ підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів, лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра.

Головним недоліком даного пристрою є низька точність роботи, тому що він не враховує вплив температури навколишнього середовища на тепловий режим роботи силових статичних конденсаторів.

За найбільш близький аналог вибрано пристрій для вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів (Патент України № 58116, МПК G01R 17/12, бюл. № 7, 2003), що містить сенсор комутації (СК), блок установки нуля (БУН), віднімаючий лічильник імпульсів, дешифратор, два генератори імпульсів, три лічильники імпульсів, сенсор напруги (СН), два АЦП, блок пам'яті (БП), перетворювач Фур'є (ПФ), арифметичний блок (АБ), три функціональні блоки (ФБ), три регістри, комутатор, два логічні елементи І, блок задання ресурсу (БЗР), два цифрові компаратори, індикатор, два компаратори, перетворювач змінного струму в постійну напругу, два помножувачі сигналів, масштабуючий підсилювач (МП), перетворювач змінної напруги в постійну напругу, сенсор струму (СС), два логічні елементи НІ, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), блок обчислення косинусу кута зсуву сигналів (БОК), причому вихід СК з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І, другий вхід якого підключений до виходу комутатора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів, вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, вихід першого логічного елемента І з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів,

установочний вхід якого підключений до виходу БУН, вихідна цифрова шина БЗР з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з входом індикатора і колами сигналізації об'єкта контролю, вихід СН через перший компаратор підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів, установочний вхід якого з'єднаний з виходом БУН, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого АЦП і першим керуючим входом БП, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом ПФ підключені до другого виходу дешифратора, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом АБ, а четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра, вихід СН підключений до входу першого АЦП, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною БП, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ПФ, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами і другим керуючим входом АБ, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини першого ФБ, вхідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вихідною цифровою шиною першого ФБ, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого АЦП, вихід СН через перетворювач змінної напруги в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів, другий вхід якого підключений до виходу СС через перетворювач змінного струму в постійну напругу, вихід першого помножувача сигналів через МП з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів, вихід якого підключений до входу другого АЦП, а другий вхід з'єднаний з виходом БОК, вхід якого підключений до виходу ЦАП, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом другого логічного елемента І, до другого входу якого через перший логічний елемент НІ підключений вихід першого компаратора, вихід СС через другий компаратор з'єднаний з третім входом другого логічного елемента І, а також через другий логічний елемент НІ підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів, лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра, керуючий вхід третього ФБ з'єднаний з четвертим виходом дешифратора, установочні входи першого і третього регістрів підключені до виходу БУН, вихідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, другою вхідною цифровою шиною третього ФБ та другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого разом з вхідною цифровою шиною другого ФБ підключені до вихідної цифрової шини третього ФБ, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною третього регістра, керуючий вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина другого ФБ з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора.

Головним недоліком даного пристрою є низька точність роботи, тому що він не враховує вплив температури навколишнього середовища на тепловий режим роботи силових статичних конденсаторів.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення пристрою для контролю робочого ресурсу силових статичних конденсаторів, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними вирішують можливість підвищити точність визначення залишкового робочого ресурсу силових статичних конденсаторів з врахуванням температури навколишнього середовища, що дозволяє підвищити точність роботи пристрою.

Поставлена задача вирішена в пристрої для контролю робочого ресурсу силових статичних конденсаторів, що містить сенсор комутації, блок установки нуля, віднімаючий лічильник імпульсів, дешифратор, два генератори імпульсів, три лічильники імпульсів, сенсор напруги, два АЦП, блок пам'яті, перетворювач Фур'є, арифметичний блок, три функціональні блоки, три регістри, комутатор, два логічні елементи І, блок задання ресурсу, два цифрові компаратори, індикатор, два компаратори, перетворювач змінного струму в постійну напругу, два помножувачі сигналів, масштабуючий підсилювач, перетворювач змінної напруги в постійну напругу, сенсор струму, два логічні елементи НІ, цифро-аналоговий перетворювач, блок обчислення косинусу кута зсуву сигналів, причому вихід СК з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І, другий вхід якого підключений до виходу комутатора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів, вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, вихід першого логічного елемента І з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів, установочний вхід якого підключений до виходу

БУН, вихідна цифрова шина БЗР з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з входом індикатора і колами сигналізації об'єкта контролю, вихід СН через перший компаратор підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів, установочний вхід якого з'єднаний з виходом БУН, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого АЦП і першим керуючим входом БП, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом ПФ підключені до другого виходу дешифратора, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом АБ, а четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра, вихід СН підключений до входу першого АЦП, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною БП, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ПФ, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими шинами і другим керуючим входом АБ, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини першого ФБ, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого АЦП, вихід СН через перетворювач змінної напруги в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів, другий вхід якого підключений до виходу СС через перетворювач змінного струму в постійну напругу, вихід першого помножувача сигналів через МП з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів, вихід якого підключений до входу другого АЦП, а другий вхід з'єднаний з виходом БОК, вхід якого підключений до виходу ЦАП, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом другого логічного елемента І, до другого входу якого через перший логічний елемент НІ підключений вихід першого компаратора, вихід СС через другий компаратор з'єднаний з третім входом другого логічного елемента І, а також через другий логічний елемент НІ підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів, лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра, керуючий вхід третього ФБ з'єднаний з четвертим виходом дешифратора, установочні входи першого і третього регістрів підключені до виходу БУН, вихідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, другою вхідною цифровою шиною третього ФБ та другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого разом з вхідною цифровою шиною другого ФБ підключені до вихідної цифрової шини третього ФБ, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною третього регістра, керуючий вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина другого ФБ з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора, згідно з корисною моделлю, введено сенсор температури навколишнього середовища (СТНС), блок віднімання (БВ), третій АЦП та цифровий суматор, причому вихід СТНС підключений до входу БВ, вихід якого з'єднаний з першим входом третього АЦП, другий вхід якого підключений до третього виходу дешифратора, вихідна цифрова шина першого ФБ з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого регістра, а друга вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною третього АЦП.

Пристрій для контролю робочого ресурсу силових статичних конденсаторів пояснюють кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - СК; 2 - БУН; 3 - перший компаратор; 4 - віднімаючий лічильник імпульсів; 5 - дешифратор; 6 - СН; 7, - перший АЦП; 8 - БП; 9 - ПФ; 10 - АБ; 11 - перший ФБ; 12 - цифровий суматор; 13 - перший регістр; 14 - перетворювач змінної напруги в постійну; 15 - перший помножувач сигналів; 16 - МП; 17 - другий помножувач сигналів; 18 - другий АЦП; 19 - перетворювач змінного струму в постійну напругу; 20 - другий генератор імпульсів; 21 - перший логічний елемент НІ; 22 - другий логічний елемент І; 23 - СС; 24 - другий компаратор; 25 - другий логічний елемент НІ; 26 - третій лічильник імпульсів; 27 - другий регістр; 28 - ЦАП; 29 - БОК; 30 - БЗР; 31 - перший логічний елемент І; 32 - другий лічильник імпульсів; 33 - перший цифровий компаратор; 34 - індикатор; 35 - перший генератор імпульсів; 36 - перший лічильник імпульсів; 37 - другий ФБ; 38 - комутатор; 39 - третій регістр; 40 - третій ФБ; 41 - другий цифровий компаратор; 42 - сенсор температури навколишнього середовища; 43 - блок віднімання; 44 - третій АЦП, причому вихід СК 1 з'єднаний з першим входом першого логічного елемента 131, другий вхід якого підключений до виходу комутатора 38, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів 36, лічильний вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів 35, вихід першого логічного елемента 131

з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів 32, установочний вхід якого підключений до виходу БУН 2, вихідна цифрова шина БЗР 30 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора 33, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів 32, вихід першого цифрового компаратора 33 з'єднаний з індикатором 34 і колами сигналізації об'єкта контролю, вихід СН 6 через перший компаратор 3 підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів 4, установочний вхід якого з'єднаний з виходом БУН 2, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів 4 підключена до вхідної цифрової шини дешифратора 5, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого АЦП 7 і першим керуючим входом БП 8, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом ПФ 9 підключені до другого виходу дешифратора 5, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом АБ 10, а четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра 13, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра 39, другою вхідною цифровою шиною третього ФБ 40 та другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора 41, перша вхідна цифрова шина якого разом з вхідною цифровою шиною другого ФБ 37 підключені до вихідної цифрової шини третього ФБ 40, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною третього регістра 39, керуючий вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора 41, керуючий вхід третього ФБ 40 з'єднаний з четвертим виходом дешифратора 5, вихідна цифрова шина другого ФБ 37 з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора 38, вихід СН 6 підключений до входу першого АЦП 7, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною БП 8, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ПФ 9, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані, відповідно, з першою і другою вихідними цифровими шинами і другим керуючим входом АБ 10, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини першого ФБ 11, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого АЦП 18, вихід СН 6 через перетворювач змінної напруги в постійну напругу 14 з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів 15, другий вхід якого підключений до виходу СС 23 через перетворювач змінного струму в постійну напругу 19, вихід першого помножувача сигналів 15 через МП 16 з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів 17, вихід якого підключений до входу другого АЦП 18, а другий вхід з'єднаний з виходом БОК 29, вхід якого підключений до виходу ЦАП 28, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра 27, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора 5, вихід другого генератора імпульсів 20 з'єднаний з першим входом другого логічного елемента І 22, до другого входу якого через перший логічний елемент НІ 21 підключений вихід першого компаратора 3, вихід СС 23 через другий компаратор 24 з'єднаний з третім входом другого логічного елемента 122, а також через другий логічний елемент НІ 25 підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів 26, лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І 22, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 27, вихід СТНС 42 підключений до входу БВ 43, вихід якого з'єднаний з першим входом третього АЦП 44, другий вхід якого підключений до третього виходу дешифратора 5, вихідна цифрова шина першого ФБ 11 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора 12, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого регістра 13, а друга вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною третього АЦП 44.

Запропонований пристрій працює так. При подачі на схему напруги живлення БУН 2 виробляє короткий імпульс, який обнуляє віднімаючий лічильник імпульсів 4, другий лічильник імпульсів 32, перший регістр 13 і третій регістр 39. Для контролю робочого ресурсу силових статичних конденсаторів сенсори пристрою розподілені по об'єкту контролю таким чином: сенсор напруги 6 установлений в колі ввімкнення конденсаторів, сенсор струму 23 ввімкнений в колі секції конденсаторів, сенсор комутації 1 встановлений на вимикачі, через який підключена до електричної мережі секція конденсаторів, сенсор температури навколишнього середовища 42 встановлений на відстані не менш 0,5 м від поверхні об'єкта в місці, захищеному від прямого попадання сонячних променів.

Згідно з "восьмиградусним правилом" теплового старіння електротехнічної ізоляції, яке прийнято як закон старіння ізоляції конденсатора, тобто накопичення спрацювання конденсатора

$$\tau_{\theta} = \tau_0 \cdot e^{-0,087 \cdot \Delta\theta}, \quad (1)$$

де τ_{θ} - строк служби силового статичного конденсатора в режимі роботи, який викликаний перегрівом ізоляції $\Delta\theta$; τ_0 - строк служби силового статичного конденсатора при нагріві ізоляції, який відповідає номінальному режиму роботи конденсатора.

Перегрів $\Delta\theta$ визначають за таким виразом

$$\Delta\theta = \theta + \theta_{\text{нвк}} - \theta_{\text{н}}, \quad (2)$$

де $\theta_{\text{н}}$ - температура нагріву ізоляції при номінальному режиму роботи конденсатора, $\theta_{\text{нвк}}$ - температура навколишнього середовища, θ - фактична температура нагріву ізоляції, яка визначають за таким виразом

$$\theta = \frac{1}{\alpha_t \cdot S_{\text{охл}}} \cdot P, \quad (3)$$

де α_t - коефіцієнт тепловіддачі з поверхні конденсатора; $S_{\text{охл}}$ - площа поверхні охолодження конденсатора; P - потужність втрат конденсатора, яка визначають за виразом

$$P = 2\pi f \cdot U^2 \cdot C \cdot \text{tg}\delta \quad (4)$$

де f - частота напруги в мережі; U - напруга живлення конденсатора; $\text{tg}\delta$ - тангенс кута втрат конденсатора; C - ємність конденсатора.

Як відомо найважчий режим роботи силових статичних конденсаторів - робота під несинусоїдальною напругою мережі живлення. Вплив несинусоїдальності напруги мережі живлення враховується через коефіцієнт η збільшення втрат в конденсаторі, який можна визначити як

$$\eta = \frac{\sum_{v=1}^n v U_{v*}^2}{\sum_{v=1}^n U_{v*}^2} \quad (5)$$

де v - порядок гармоніки напруги мережі; U_{v*} - напруга v -ої гармоніки напруги мережі; n - кількість гармонік спектра напруги, що враховують. При оцінці коефіцієнта несинусоїдальності достатньо враховувати гармоніки, значення яких $\geq 30\%$ напруги найбільшої гармоніки.

Ємність конденсатора C можна визначити за формулою

$$C = \frac{1}{\omega U} \cdot I, \quad (6)$$

де ω - кутова частота напруги в мережі; I , U - виміряні значення напруги і струму у відповідних колах конденсатора.

Тангенс кута втрат конденсатора визначають так. Потужність втрат конденсатора визначають як

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = U \cdot I \cdot \cos(90^\circ - \delta - \psi) \quad (7)$$

де ψ - зміщення фаз за рахунок факторів впливу кутових похибок вимірювальних трансформаторів та інше; δ - кут втрат силового статичного конденсатора.

З врахуванням того, що кути ψ і δ невеликі, з (7) витікає, що

$$\text{tg}(\delta + \psi) \approx \sin(\delta + \psi) = \frac{P}{U \cdot I}.$$

Для виключення систематичної похибки до результатів виміру вводять поправку, яка дорівнює $\text{tg}\psi$, тому

$$\text{tg}\delta \approx \frac{P}{U \cdot I} - \text{tg}\psi. \quad (8)$$

Таким чином в будь-який момент часу можна визначити нагрів ізоляції силового статичного конденсатора за формулою

$$\theta = \frac{1}{\alpha_t \cdot S_{\text{охл}}} \cdot 2\pi f \cdot U^2 \cdot C \cdot \text{tg}\delta \cdot \eta, \quad (9)$$

або підставивши вирази (5), (6), (8) в (9) та, врахувавши коефіцієнти трансформації вимірювальних трансформаторів струму k_c і k_n напруги, маємо

$$\theta = \frac{k_n \cdot k_c}{\alpha_\tau \cdot S_{охл}} U \cdot I \cdot (\cos \varphi - \operatorname{tg} \psi) \cdot \eta \quad . (10)$$

Для кожного моменту часу j можна визначити строк служби τ_j силового статичного конденсатора згідно з (1), тобто

$$\tau_{\theta j} = \tau_0 \cdot e^{-0,087 \cdot \Delta \theta_j} \quad . (11)$$

Залишковий робочий ресурс $H_\tau^{\text{зал}}$ силового косинусного конденсатора визначимо за виразом

$$H_\tau^{\text{зал}} = H_\tau^{\text{НОМ}} - H_{\Delta\tau} - H_{\Delta\tau\theta} \quad , (12)$$

де $H_\tau^{\text{НОМ}}$ - номінальний робочий ресурс конденсатора; $H_{\Delta\tau}$ - оціночне значення спрацьованого ресурсу конденсатора з моменту вводу в експлуатацію до моменту встановлення пристрою. Якщо спостереження за спрацюванням ресурсу проводиться для нових конденсаторів, то $H_{\Delta\tau} = 0$; $H_{\Delta\tau\theta}$ - відпрацьований ресурс від перегріву при роботі в несинусоїдальному режимі. Значення $H_{\Delta\tau\theta}$ можна визначити як

$$H_{\Delta\tau\theta} = \sum_{j=1}^N \frac{H_\tau^{\text{НОМ}}}{\tau_{\theta j}} \cdot t_j \quad (13)$$

де t_j - час, на протязі якого на конденсатор впливає температура перегріву θ_j ; N - кількість інтервалів зміни температури θ .

Таким чином, слідкуючи за значенням $H_{\Delta\tau\theta}$ і порівнюючи зі значенням робочого ресурсу $H_\tau^{\text{НОМ}} - H_{\Delta\tau}$ на початку роботи пристрою можна визначити момент зняття з експлуатації конденсатора і запобігти аварійної ситуації. Спрацювання конденсатора визначають за таким виразом

$$H_{\Delta\tau\theta} = \sum_{j=1}^N \frac{H_\tau^{\text{НОМ}}}{\tau_0 \cdot e^{-0,087 \cdot \left(\frac{k_c \cdot k_n}{\alpha_\tau S_{охл}} U_j \cdot I_j [\cos \varphi_j - \operatorname{tg} \psi] \eta_j - \theta_n \right)}} \cdot t_j \quad . (14)$$

Якщо робочий ресурс конденсатора виражений у розмірності часу, то є справедливим вираз $H_\tau^{\text{НОМ}} = \tau_0$, тоді вираз (14) приймає вигляд

$$H_{\Delta\tau\theta} = \sum_{j=1}^N e^{0,087 \cdot \left(\frac{k_c \cdot k_n}{\alpha_\tau S_{охл}} U_j \cdot I_j [\cos \varphi_j - \operatorname{tg} \psi] \eta_j + \theta_{\text{нвк}} - \theta_n \right)} \cdot t_j \quad . (15)$$

Якщо режим роботи конденсатора змінився, то за виразом (3) визначають нову температуру перегріву, яка визначає швидкість витрати робочого ресурсу. Але вона не може змінитися миттєво відповідно до миттєвих змін параметрів режиму роботи об'єкта. Тому враховується теплова стала часу τ_τ , що визначає тривалість теплового перехідного процесу. При врахуванні теплової сталої часу τ_τ конденсатора фактична температуру перегріву ізоляції для кожного i -ого моменту перехідного теплового процесу визначають за виразом

$$\theta_i = \theta_0 + (\theta - \theta_0) \cdot \left[1 - e^{\left(-\frac{t_i}{\tau_\tau} \right)} \right] \quad , (16)$$

де θ_0 - фактична температура перегріву за виразом (3) на початку перехідного процесу, θ - фактична температура перегріву за виразом (3) наприкінці перехідного процесу відповідно до нового робочого режиму, t_i - моменти часу перехідного процесу, що визначають за виразом

$$t_i = t_{i-1} + \Delta t \quad ,$$

де $i = (\overline{0, n})$, $t_0 = 0$, $\Delta t = \frac{\tau_\tau}{n}$ - проміжки часу, на які дискретизують час перехідного процесу.

При вимірюванні залишкового робочого ресурсу силових статичних конденсаторів робота пристрою розподіляють по тактах з виходів дешифратора 5, які є синхронізованими з напругою

в мережі, що подають через СН 6 на вхід першого компаратора 3, на виході якого з'являються імпульси, що надходять на лічильний вхід віднімаючого лічильника імпульсів 4, цифровий код з виходу якого надходить на дешифратор 5.

З виходу СТНС 42 сигнал, що відповідає значенню температури навколишнього середовища

5 $\theta_{\text{нвк}}$, передають у БВ 43, в якому формують сигнал, який відповідає виразу $\theta_{\text{нвк}} - \theta_{\text{н}}$. Цей сигнал передають до третього АЦП 44, де він перетворюється в цифровий код, що подають далі на другу цифрову вхідну шину цифрового суматора 12.

При появі на першому виході дешифратора 5 логічної одиниці цифрові коди, які відповідають миттєвим значенням напруги впродовж одного періоду зміни напруги з виходу СН 6 через перший АЦП 7 записують в БП 8. При появі сигналу логічного нуля на першому виході дешифратора 5 процес запису кодів в БП 8 припиняють. При цьому на другому виході дешифратора 5 з'являється сигнал логічної одиниці, по якому всі коди, що записані в БП 8, передають в ПФ 9. Одночасно цим же сигналом запускають ПФ 9, який обчислює склад спектра гармонік напруги v і діюче значення U_v кожної з них. При появі сигналу на третьому виході дешифратора 5 активізують роботу АБ 10. При цьому з ПФ 9 в АБ 10 по керуючим сигналам, що надходять з ПФ 9 на другий керуючий вхід АБ 10, передають цифрові коди, які відповідають номерам гармонік напруги v та їх діючим значенням U_v . В АБ 10 проводять обчислення сигналу згідно з виразом (5). Вихідний сигнал з АБ 10 у вигляді цифрового коду, пропорційного η , надходить у перший ФБ 11.

20 Одночасно з виходу СН 6 змінна напруга подають на перетворювач змінної напруги в постійну напругу 14, з виходу якого сигнал надходить на перший вхід першого помножувача сигналів 15, на другий вхід якого через перетворювач змінного струму в постійну напругу 19 надходить сигнал постійної напруги, який пропорційний змінному струму, що протікає в цей час в об'єкті контролю і надходить від СС 23. З виходу першого помножувача сигналів 15 сигнал

25 через МП 16, в якому добуток сигналів $U \cdot I$ множиться на коефіцієнт $\frac{k_n \cdot k_c}{\alpha_T \cdot S_{\text{охл}}}$, подають на перший вхід другого помножувача сигналів 17.

В цей же час проводиться вимірювання кута зсуву фаз сигналів струму і напруги. Оскільки сигнал струму з виходу СС 23 випереджає сигнал на виході СН 6, то імпульси на виході другого компаратора 24 з'являються раніше, ніж на виході першого компаратора 3. При появі прямокутного імпульсу на виході другого компаратора 24 відкривається другий елемент І 22, який закривається при появі імпульсу з виходу першого компаратора 3, що проходить через перший елемент НІ 21. За час, коли другий елемент І 22 знаходиться у відкритому стані, з виходу другого генератора імпульсів 20 надходять імпульси на лічильний вхід третього лічильника імпульсів 26. В момент появи сигналу на керуючому вході, який є прямим динамічним, другого регістра 27 цифровий код з третього лічильника імпульсів 26 передають в другий регістр 27. Таким чином в другому регістрі 27 запам'ятовується цифровий код, що відповідає куту зсуву фаз φ між напругою і струмом в колі об'єкта контролю. В момент, коли на виході другого компаратора 24 з'являється сигнал логічного нуля, третій лічильник імпульсів 26 обнуляється.

40 З виходу другого регістра 27 цифровий код через ЦАП 28 передають в БОК 29, де проводиться обчислення косинусу кута φ та враховують кутову похибку $\text{tg} \psi$. Сигнал, пропорційний $(\cos \varphi - \text{tg} \psi)$, з виходу БОК 29 надходить на другий вхід другого помножувача сигналів 17, де він множиться на сигнал з виходу МП 16, і через другий АЦП 18 у вигляді

45 цифрового коду, що відповідає значенню $\frac{k_n \cdot k_c}{\alpha_T \cdot S_{\text{охл}}} U \cdot I \cdot (\cos \varphi - \text{tg} \psi)$, подають на другу вхідну цифрову шину першого ФБ 11. На виході останнього формують цифровий код, що відповідає температурі

перегріву θ_j силового статичного конденсатора при поточному режимі роботи j згідно з виразом

$$\theta_j = \frac{k_c \cdot k_n}{\alpha_T \cdot S_{\text{охл}}} U \cdot I_j (\cos \varphi_j - \text{tg} \psi) \cdot \eta_j$$
 і який передають на першу вхідну цифрову шину цифрового суматора 12.

У цифровому суматорі 12 визначають цифровий код, що відповідає виразу

$$e^{0,087 \left(\frac{k_c \cdot k_n}{\alpha_T \cdot S_{\text{охл}}} U_j I_j [\cos \varphi_j - \text{tg} \psi] \eta_j + \theta_{\text{нвк}} - \theta_{\text{н}} \right)} \cdot \Delta t, \Delta t$$
 - значення, що відповідає проміжку часу між появами

50 сигналу логічної одиниці на четвертому виході дешифратора 5.

При появі сигналу з четвертого виходу дешифратора 5 цей цифровий код записують у перший регістр 13. Зауважимо, що його керуючий вхід є прямим динамічним. З його вихідної цифрової шини цифровий код передають на цифрову вхідну шину третього регістра 39, другу

цифрову вхідну шину третього ФБ 40 та другу цифрову вхідну шину другого цифрового компаратора 41. Третій ФБ 40 починає функціонувати при завершенні сигналу логічної одиниці на четвертому виході дешифратора 5, оскільки керуючий вхід третього ФБ 40 є зворотнім динамічним. У третьому ФБ 40 обчислюється цифровий код, що відповідає виразу (16), де θ_0 - значення попередньої температури нагріву, що зберігається у третьому регістрі 39, відповідний цифровий код якого присутній на першій вхідній цифровій шині третього ФБ 40, θ - значення поточної температури нагріву, відповідний цифровий код якого присутній на другій вхідній цифровій шині третього ФБ 40, Δt - значення, що відповідає проміжку часу між завершенням сигналу логічної одиниці на керуючому вході третього ФБ 40.

Обчислений цифровий код передають на вхідну цифрову шину другого ФБ 37 і першу вхідну цифрову шину другого цифрового компаратора 41, де він порівнюється з цифровим кодом, що відповідає значенню поточної температури нагріву, який присутній на другій вхідній цифровій шині другого цифрового компаратора 41. Цифровий код на виході третього ФБ 40 змінюється через кожні моменти часу Δt . У момент, коли цифрові коди на входах другого цифрового компаратора 41 зрівнюються, на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, при появі якої у третій регістр 39 заноситься цифровий код поточної температури, що передають до третього ФБ 40. При цьому, відповідно до виразу (16), на вихідній цифровій шині третього ФБ 40 цифровий код приймає стале значення.

Перший генератор імпульсів 35 і перший лічильник імпульсів 36 являють собою сукупність генераторів імпульсів з різними частотами вихідних сигналів. У другому ФБ 37 визначають

цифровий код згідно з виразом
$$e^{0,087 \cdot \left(\frac{k_c \cdot k_n}{\alpha_T S_{охл}} U_j \cdot [\cos \varphi_j - \tan \psi] \eta_j + \theta_{нвк} - \theta_n \right)} \cdot \Delta t$$
. Комутатор 38 у відповідності з цифровим кодом, що надходить з другого ФБ 37, передає вихідний сигнал з одного з виходів першого лічильника імпульсів 36 на лічильний вхід другого лічильника імпульсів 32, при умові що на першому вході першого логічного елемента І 31 присутній сигнал логічної одиниці з СК 1, який існує при умові, що об'єкт контролю підключений до мережі живлення. В другому лічильнику імпульсів 32 накопичують цифровий код, який відповідає спрацюванню силового статичного конденсатора згідно з виразом (15).

Якщо спектр гармонік в мережі або сигнал з виходу другого АЦП 18 змінюється, то на виході першого ФБ 11 з'являється новий код, який забезпечує підключення іншого виходу першого лічильника імпульсів 36 до входу другого (ресурсного) лічильника 32. При цьому швидкість подачі імпульсів в другий лічильник імпульсів 32 або збільшується або зменшується згідно з вище згаданими параметрами.

В БЗР 30 записаний код, який відповідає початковому робочому ресурсу $(H_t^{ном} - H_{\Delta t})$ конденсатора. У випадку, коли на виході другого лічильника 32 з'являється код, що дорівнює коду на виході БЗР 30, на виході першого цифрового компаратора 33 з'являється сигнал логічної одиниці, який вмикає індикатор 34, що свідчить про спрацювання ресурсу конденсаторів, і подає сигнал в кола сигналізації оперативному персоналу.

Для коректної роботи пристрою частоти чередування імпульсів другого генератора імпульсів 20 повинна бути набагато більша, ніж частота сигналу електричної мережі 50 Гц.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для контролю робочого ресурсу силових статичних конденсаторів, що містить сенсор комутації, блок установки нуля, віднімаючий лічильник імпульсів, дешифратор, два генератори імпульсів, три лічильники імпульсів, сенсор напруги, два аналого-цифрові перетворювачі, блок пам'яті, перетворювач Фур'є, арифметичний блок, три функціональні блоки, три регістри, комутатор, два логічні елементи І, блок задання ресурсу, два цифрові компаратори, індикатор, два компаратори, перетворювач змінного струму в постійну напругу, два помножувачі сигналів, масштабуючий підсилювач, перетворювач змінної напруги в постійну напругу, сенсор струму, два логічні елементи НІ, цифро-аналоговий перетворювач, блок обчислення косинусу кута зсуву сигналів, причому вихід сенсора комутації з'єднаний з першим входом першого логічного елемента І, другий вхід якого підключений до виходу комутатора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів, вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, вихід першого логічного елемента І з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів, установочний вхід якого підключений до виходу блока установки нуля, вихідна цифрова шина блока задання ресурсу з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна

цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з входом індикатора і колами сигналізації об'єкта контролю, вихід сенсора напруги через перший компаратор підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів, установочний вхід якого з'єднаний з виходом блока

5 установки нуля, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого аналого-цифрового перетворювача і першим керуючим входом блока пам'яті, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом перетворювача Фур'є підключені до другого виходу дешифратора, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом арифметичного блока, а

10 четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра, вихід сенсора напруги підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини перетворювача Фур'є, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані, відповідно, з першою і другою вхідними цифровими

15 шинами і другим керуючим входом арифметичного блока, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини першого функціонального блока, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого аналого-цифрового перетворювача, вихід сенсора напруги через перетворювач змінної напруги в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів, другий вхід якого підключений до

20 виходу сенсора струму через перетворювач змінного струму в постійну напругу, вихід першого помножувача сигналів через масштабуючий підсилювач з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів, вихід якого підключений до входу другого аналого-цифрового перетворювача, а другий вхід з'єднаний з виходом блока обчислення косинусу кута зсуву сигналів, вхід якого підключений до виходу цифро-аналогового перетворювача, вхідна цифрова

25 шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом другого логічного елемента І, до другого входу якого через перший логічний елемент НІ підключений вихід першого компаратора, вихід сенсора струму через другий компаратор з'єднаний з третім входом другого логічного елемента І, а також через другий

30 логічний елемент НІ підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів, лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента І, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра, керуючий вхід третього функціонального блока з'єднаний з четвертим виходом дешифратора, установочні входи першого і третього регістрів підключені до виходу блока установки нуля, вихідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вхідною цифровою шиною третього регістра, другою вхідною цифровою шиною

35 третього функціонального блока та другою вхідною цифровою шиною другого цифрового компаратора, перша вхідна цифрова шина якого разом з вхідною цифровою шиною другого функціонального блока підключені до вихідної цифрової шини третього функціонального блока, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною третього регістра, керуючий

40 вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина другого функціонального блока з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора, який **відрізняється** тим, що в нього введено сенсор температури навколишнього середовища, блок віднімання, третій аналого-цифровий перетворювач та цифровий суматор, причому вихід сенсора температури навколишнього середовища підключений до входу блока віднімання,

45 вихід якого з'єднаний з першим входом третього аналого-цифрового перетворювача, другий вхід якого підключений до третього виходу дешифратора, вихідна цифрова шина першого функціонального блока з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового суматора, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини першого регістра, а друга вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною третього аналого-цифрового

50 перетворювача.

