



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121701** (13) **C2**  
(51) МПК (2020.01)  
**G01M 7/00**

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

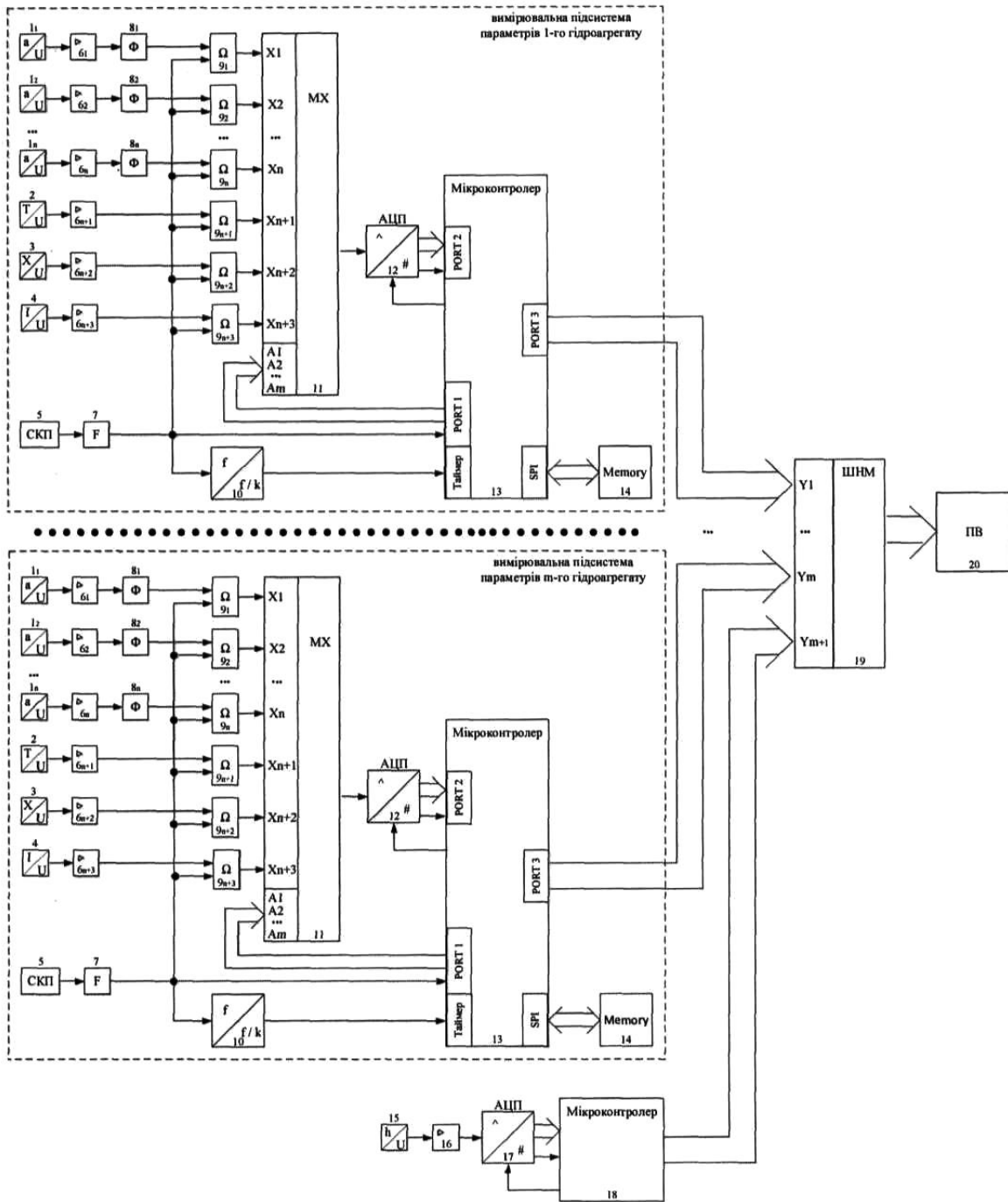
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2018 07224</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>26.06.2018</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.07.2020</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>26.12.2019, Бюл.№ 24</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.07.2020, Бюл.№ 13</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Граняк Валерій Федорович (UA), Кухарчук Василь Васильович (UA), Кацев Самоїл Шулімович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 19897 C2, 25.12.1997 UA 102700 U, 10.11.2015 UA 116646 U, 25.05.2017 RU 11339 U1, 16.09.1999 US 2005/0284226 A1, 29.12.2005 WO 2005/036162 A1, 21.04.2005 CA 2461391 A1, 19.09.2005 DE 2223321 A1, 03.01.1974</p>
---	--

**(54) СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОАГРЕГАТІВ ГЕС ТА ГАЕС**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до діагностувальної техніки і може бути використана для технічної діагностики гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС, у процесі їхньої експлуатації. Система діагностування технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС містить  $m$  вимірювальних підсистем параметрів гідроагрегата, канал рівня верхнього б'єфа та підсистему діагностування. У  $m$  вимірювальних підсистем параметрів гідроагрегата відбувається вимірювання ключових технологічних параметрів кожного з  $m$  гідроагрегатів. Одночасно з цим канал рівня верхнього б'єфа здійснює вимірювання рівня верхнього б'єфу. Результати вимірювання ключових технологічних параметрів кожного з  $m$  гідроагрегатів та рівня верхнього б'єфа надходять у підсистему діагностування, де визначається імовірність наявності дефекту у кожному із вузлів  $m$  гідроагрегатів. Висновок про імовірність наявності дефектів у вузлах гідроагрегатів виводиться через пристрій візуалізації у зручній для оператора формі. Технічним результатом винаходу є можливість діагностування дефектів обладнання гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС на ранніх стадіях їх виникнення на основі аналізу вібросигналів, температури полюсних обмоток, кутового положення ротора, осьового зміщення ротора та вихідної електричної потужності кожного із гідроагрегатів, а також рівня верхнього б'єфа.

UA 121701 C2



Система діагностування технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС

Винахід належить до діагностувальної техніки і може бути використаний для технічної діагностики гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС, у процесі їхньої експлуатації.

Відомий пристрій для вимірювання параметрів вібрації машин, що містить два канали, кожен з яких включає віброперетворювач, підсилювач і фільтр, що перебудовується, послідовно включені вимірювач і блок порівняння, до другого входу якого підключений датчик, суматор і фазовий детектор (авторське свідоцтво СРСР № 19897, опубл. 1997 р).

Недоліком відомого пристрою є недостатня достовірність результатів вимірів, а також обмежене його застосування для вібраційної діагностики і контролю машин в режимі розгону та зупинки.

Відомий також пристрій для вимірювання параметрів вібрації машин, що містить два вимірювальних канали, кожен із яких включає послідовно з'єднаний віброперетворювач, підсилювач (надалі масштабуючий підсилювач), регульований фільтр (надалі смуговий фільтр), послідовно з'єднані вимірювач і блок порівняння, до другого входу якого приєднаний задавач, суматор, фазовий детектор, який для підвищення достовірності додатково обладнаний блоком віднімання, індикатором та комутатором, входи якого з'єднані з виходом суматора, блока віднімання та смугового фільтра, а вихід з'єднаний з входом вимірювача, входи суматора та блока віднімання з'єднані з виходами смугових фільтрів, входи суматора та блока віднімання з'єднані з входами фазового детектора, до входу якого під'єднаний індикатор (патент України № 19897, опубл. 1997 р).

Недоліком відомого пристрою є недостатня достовірність результатів, обумовлена малою кількістю точок контролю вібрації та не врахуванням поточного положення ротора, а також обмежене застосування його для вібраційної діагностики і контролю машин через неможливість вимірювання параметрів віброшвидкості та віброприскорення у режимах розгону та зупинки електричної машини.

За прототип вибрана система для вимірювання і контролю параметрів вібрації електричних машин, що містить  $n$  вимірювальних каналів віброприскорення, у кожному з  $n$  каналів віброприскорення вихід віброперетворювача з'єднаний з входом масштабуючого підсилювача, а вихід масштабуючого підсилювача з'єднаний з входом смугового фільтра, вихід якого з'єднаний з першим входом елементу аналогової пам'яті, а вихід елементу аналогової пам'яті з'єднаний з відповідним інформаційним входом аналогового мультиплексора, номер якого відповідає номеру каналу віброприскорення, адресний вхід аналогового мультиплексора з'єднаний з другим виходом першого порту мікроконтролера, вихід мультиплексора з'єднаний з першим входом цифро-аналогового перетворювача, а другий вхід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний з першим виходом першого порту мікроконтролера, перший та другий вихід цифро-аналогового перетворювача з'єднані з першим та другим входами другого порту мікроконтролера, відповідно, вихід датчика кутового положення ротора з'єднаний з входом формувача, а вихід формувача з'єднаний з входом подільника частоти, входом першого порту мікроконтролера та другими входами елементів аналогової пам'яті, вихід подільника частоти з'єднаний з входом таймера мікроконтролера, вхід-вихід SPI мікроконтролера з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті, вхід-вихід третього порту мікроконтролера з'єднаний з першим входом-виходом першого пристрою перетворення інтерфейсу, другий вхід-вихід першого пристрою перетворення інтерфейсу через лінію зв'язку з'єднаний з першим входом-виходом другого пристрою перетворення інтерфейсу, а другий вхід-вихід другого пристрою перетворення інтерфейсу з'єднаний з входом-виходом сервера (патент України № 102700, опубл. 11.10.2015 р).

Недоліком цієї системи є недостатня інформативність та, як наслідок, низька вірогідність контролю параметрів технічного стану електричної машини, що обумовлена використанням як інформативних входів лише параметрів вібрації та кутової швидкості одного гідроагрегата, а також відсутність системи діагностування, що могла б у автоматичному режимі виявляти дефекти обладнання на ранніх етапах їх виникнення.

В основу винаходу поставлено задачу створення системи діагностування технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС, в якій за рахунок введення нових елементів, зв'язків та програмних ланок обробки забезпечується аналіз вібросигналів, температури полюсних обмоток, кутового положення ротора, осьового зміщення ротора та вихідної електричної потужності кожного із гідроагрегатів, а також параметр рівня верхнього б'єфу, на основі яких здійснюється діагностування дефектів обладнання на ранніх стадіях їх виникнення, що приводить до зростання інформативності системи та, як наслідок, підвищеної вірогідності контролю параметрів технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС.

Поставлена задача вирішується тим, що в системі діагностування технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС, що містить  $m$  ідентичних вимірювальних підсистем параметрів гідроагрегата, що у свою чергу складаються з  $n$  вимірювальних каналів вібрації, до складу яких входять віброперетворювачі, виходи яких з'єднані з входами масштабуючих підсилювачів, виходи масштабуючих підсилювачів з'єднані з входами смугових фільтрів, а виходи смугових фільтрів з'єднані з першими входами елементів аналогової пам'яті, канал температури полюсних обмоток ротора електричної машини, до складу якого входить безконтактний датчик температури, вихід якого з'єднаний з входом  $n+1$ -го масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+1$ -го елемента аналогової пам'яті, вимірювальний канал осьового зміщення ротора гідроагрегата, до складу якого входить безконтактний датчик осьового зміщення ротора, вихід якого з'єднаний з входом  $n+2$ -го масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+2$ -го елемента аналогової пам'яті, канал вихідної електричної потужності, до складу якого входить датчик струму, що встановлений на одній з полюсних обмоток статора гідроагрегата, вихід якого з'єднаний з входом  $n+3$ -го масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+3$ -го елемента аналогової пам'яті, та вимірювальний канал кутового положення ротора електричної машини, до складу якого входить датчик кутового положення, вихід якого з'єднаний з формувачем, виходи  $n+3$  елементів аналогової пам'яті з'єднані з відповідним інформаційним входом аналогового мультиплексора, номер якого відповідає номеру елемента аналогової пам'яті, адресний вхід аналогового мультиплексора з'єднаний з другим виходом першого порту мікроконтролера, вихід аналогового мультиплексора з'єднаний з першим входом цифро-аналогового перетворювача, а другий вхід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний з першим виходом першого порту мікроконтролера, перший та другий виходи цифро-аналогового перетворювача з'єднані з першим та другим входами другого порту мікроконтролера, відповідно, вихід датчика кутового положення ротора з'єднаний з входом формувача, а вихід формувача з'єднаний з входом подільника частоти, входом першого порту мікроконтролера та другими входами  $n+3$  елементів аналогової пам'яті, вихід подільника частоти з'єднаний з входом таймера мікроконтролера, вхід-вихід SPI мікроконтролера з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті, також до складу системи введено канал рівня верхнього б'єфа, що складається з датчика верхнього б'єфа, вихід якого з'єднаний з входом масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом цифро-аналогового перетворювача, а другий вхід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний з першим виходом мікроконтролера, перший та другий вихід цифро-аналогового перетворювача з'єднані з першим та другим входами мікроконтролера, відповідно, виходи третього порту мікроконтролерів  $m$  підсистем вимірювання параметрів гідроагрегата з'єднані з  $m$  входами штучної нейроподібної мережі, а другий вихід мікроконтролера канал рівня верхнього б'єфа з'єднаний з  $m+1$  входом штучної нейроподібної мережі, вихід штучної нейроподібної мережі з'єднаний з входом пристрою візуалізації.

На кресленні представлено структурну схему пристрою.

Система містить  $m$  ідентичних вимірювальних підсистем параметрів гідроагрегата, що у свою чергу складаються з  $n$  вимірювальних каналів вібрації, до складу яких входять віброперетворювачі 1, виходи яких з'єднані з входами масштабуючих підсилювачів 6, виходи масштабуючих підсилювачів 6 з'єднані з входами смугових фільтрів 8, а виходи смугових фільтрів з'єднані з першими входами елементів аналогової пам'яті 9, канал температури полюсних обмоток ротора електричної машини, до складу якого входить безконтактний датчик температури 2, вихід якого з'єднаний з входом  $n+1$ -го масштабуючого підсилювача 6, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+1$ -го елемента аналогової пам'яті 9, вимірювальний канал осьового зміщення ротора гідроагрегата, до складу якого входить безконтактний датчик осьового зміщення ротора 3, вихід якого з'єднаний з входом  $n+2$ -го масштабуючого підсилювача 6, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+2$ -го елемента аналогової пам'яті 9, канал вихідної електричної потужності, до складу якого входить датчик струму 4, що встановлений на одній з полюсних обмоток статора гідроагрегата, вихід якого з'єднаний з входом  $n+3$ -го масштабуючого підсилювача 6, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+3$ -го елемента аналогової пам'яті 9 та вимірювальний канал кутового положення ротора електричної машини, до складу якого входить датчик кутового положення 5, вихід якого з'єднаний з формувачем 7, виходи  $n+3$ -х елементів аналогової пам'яті 9 з'єднані з відповідними інформаційним входом аналогового мультиплексора 11, номер якого відповідає номеру елемента аналогової пам'яті 9, адресний вхід аналогового мультиплексора 11 з'єднаний з другим виходом першого порту мікроконтролера 13, вихід аналогового мультиплексора 11 з'єднаний з першим входом цифро-аналогового перетворювача 12, а другий

вхід цифро-аналогового перетворювача 12 з'єднаний з першим виходом першого порту мікроконтролера 13, перший та другий вихід цифро-аналогового перетворювача 12 з'єднані з першим та другим входами другого порту мікроконтролера 13, відповідно, вихід датчика кутового положення ротора 5 з'єднаний з входом формувача 7, а вихід формувача 7 з'єднаний з входом подільника частоти 10, входом першого порту мікроконтролера 13 та другими входами  $n+3$ -х елементів аналогової пам'яті 9, вихід подільника частоти 10 з'єднаний з входом таймера мікроконтролера 13, вхід-вихід SPI мікроконтролера 13 з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті 14, також система діагностування містить канал рівня верхнього б'єфа, що складається з датчика верхнього б'єфа 15, вихід якого з'єднаний з входом масштабуючого підсилювача 16, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом цифро-аналогового перетворювача 17, а другий вхід цифро-аналогового перетворювача 17 з'єднаний з першим виходом мікроконтролера 18, перший та другий вихід цифро-аналогового перетворювача 17 з'єднані з першим та другим входами мікроконтролера 18, відповідно, виходи третього порту мікроконтролерів 13  $m$  підсистем вимірювання параметрів гідроагрегата з'єднані з  $m$  входами штучної нейроподібної мережі 19, а другий вихід мікроконтролера 18 канал рівня верхнього б'єфа з'єднаний з  $m+1$  входом штучної нейроподібної мережі 19, вихід штучної нейроподібної мережі з'єднаний з входом пристрою візуалізації 20. Система діагностування працює наступним чином. Робота вимірювальної підсистеми параметрів гідроагрегата  $n$  віброперетворювачів II-In здійснюють перетворення рівня віброприскорення, у  $n$  ключових вузлах агрегату, в рівень постійної напруги, значення якої підсилюється до значення, придатного для роботи системи у  $n$  масштабуючих підсилювачах  $6l-6n$ .  $n$  смугових фільтрів  $8l-8n$  відфільтровують вищі гармоніки вхідного сигналу, що не досліджуються в процесі віброконтролю, пропускаючи на вихід лише ті гармонічні складові, за якими проводиться контроль вібраційного стану електричної машини. У той самий час виході безконтактного датчика температури 2 формується рівень постійної напруги, що відповідає температурі поточної полюсної обмотки ротора гідроагрегата. Рівень напруги з виходу датчика температури 2 надходить на вхід  $n+1$ -го масштабуючого підсилювача  $6n+1$ . Одночасно з цим на виході датчика осьового зміщення ротора 3 формується рівень постійної напруги, що відповідає поточному осьовому зміщенню ротора гідроагрегата. Рівень напруги з виходу датчика осьового зміщення ротора 3 надходить на вхід  $n+2$ -го масштабуючого підсилювача  $6n+2$ . Паралельно описаним процесам на виході датчика струму 4 формується рівень постійної напруги, що відповідає діючому значенню струму у одній із статорних обмоток гідроагрегата. Рівень напруги з виходу датчика струму 4 надходить на вхід  $n+3$ -го масштабуючого підсилювача  $6n+3$ . Сигнал з виходів  $n$  смугових фільтрів  $8l-8n$ , та  $n+1$ -го,  $n+2$ -го і  $n+3$ -го масштабуючих підсилювачів  $6n+1-6n+3$  надходять на входи  $n+3$ -х елементів аналогової пам'яті  $9l-9n+3$  відповідно, де запам'ятовують у момент надходження з виходу формувача 7 одиничного сигналу, що відповідає повороту ротора електричної машини на визначений кут  $\alpha$ . Цей же сигнал логічної одиниці з виходу формувача 7 надходить на перший вхід першого порту мікроконтролера 13 та служить сигналом початку операції вимірювального перетворення віброприскорення. Після цього на другому виході першого порту мікроконтролера 13 формується адресний сигнал, що відповідає першому інформаційному входу аналогового мультиплексора 11, що призводить до встановлення сигналу з його першого входу на його виході. Тоді на першому виході першого порту мікроконтролера 13 формується сигнал запуску аналого-цифрового перетворення, що надходить на другий вхід цифро-аналогового перетворювача 12, на перший вхід якого надходить сигнал з виходу аналогового мультиплексора 11, результат цифро-аналогового перетворення зчитується з виходу цифро-аналогового перетворювача 12 через перший вхід другого порту мікроконтролера 13 при приході на вхід другого порту мікроконтролера 13 сигналу закінчення вимірювального перетворення. Після цього на другому виході першого порту мікроконтролера 13 формується адреса наступного інформаційного входу аналогового мультиплексора 11. Решта операцій повторюється циклічно, доки не буде отримано цифрове значення сигналу на усіх входах аналогового мультиплексора 11, що відповідають рівням віброприскорення у всіх ключових точках агрегату, значенню температури поточної полюсної обмотки, поточному значенню осьового зміщення ротора та діючому значенню струму у одній із статорних обмоток гідроагрегата. Після завершення цих операцій вимірювальна підсистема параметрів гідроагрегата переходить у режим очікування наступного одиничного імпульсу з виходу формувача 7, а після його отримання операції повторюються циклічно.

На виході датчика кутового положення 5 формується сигнал при повороті ротора електричної машини на заданий кут  $\alpha$ , який надходить на вхід формувача 7. У формувачі 7 цей сигнал перетворюється у сигнал логічної одиниці та надходить, окрім других входів елементів аналогової пам'яті  $8l-8n+3$  та першого входу першого порту мікроконтролера 13, на вхід

подільника частоти 10, на виході якого, при надходженні на його вхід  $k$ -го імпульсу, що відповідає коефіцієнту ділення частоти, формується сигнал логічної одиниці, який надходить на вхід таймера мікроконтролера 13, де служить сигналом запису поточного числа, відрахованого таймером мікроконтролера 13. При повороті ротора електричної машини на кут  $360$  градусів (повний оберт) на виході датчика кутового положення 5 формується сигнал подовженої тривалості що у формувачі перетворюється на подовжений сигнал логічної одиниці, який слугує для мікроконтролера 13 маркером початку нового обороту ротора, що використовується для перевірки правильності роботи подільника частоти 10.

Виміряні значення віброприскорення у всіх ключових точках агрегату, температури поточної полюсної обмотки ротора, поточного осьового зміщення ротора, діючого значення струму у одній із статорних обмоток гідроагрегата та числовий код, відрахований таймером за час повороту ротора електричної машини на кут  $k\alpha$  слугують входними параметрам, які після числової обробки та розрахунку додаткових пов'язаних з ними параметрів, передаються з виходу третього порту мікроконтролера 13 на відповідний вхід нейроподібної мережі 19 кожною із  $m$  вимірювальних підсистем параметрів гідроагрегата.

Зовнішня пам'ять 14 застосовується для проміжного зберігання отриманих числових значень, пропорційних виміряним величинам, та, при потребі, програмного коду роботи мікроконтролера 13.

Робота каналу рівня верхнього б'єфа.

На виході датчика верхнього б'єфа 15 формується рівень постійної напруги, що пропорційна рівню верхнього б'єфа. Зазначений рівень постійної напруги з виходу датчика верхнього б'єфа 15 надходить на вхід масштабуючого підсилювача 16, де підсилюється до рівня, придатного для здійснення аналого-цифрового перетворення. З виходу масштабуючого підсилювача 16 підсилений сигнал поступає на перший вхід аналого-числового перетворювача 17. У момент, коли на першому виході мікроконтролера 18 формується сигнал запуску аналого-цифрового перетворення, що надходить на другий вхід цифро-аналогового перетворювача 17, запускається процес цифро-аналогового перетворення сигналу з виходу масштабуючого підсилювача 16. Результат цифро-аналогового перетворення зчитується з виходу цифро-аналогового перетворювача 17 через перший вхід мікроконтролера 18 при приході на другий вхід мікроконтролера 18 сигналу закінчення вимірювального перетворення, що формується на другому виході цифро-аналогового перетворювача 17. У мікроконтролері 18 на основі рівняння перетворення здійснюється розрахунок рівня верхнього б'єфа, та, при потребі, розраховане значення домножується на відповідний ваговий коефіцієнт.

Розраховане у мікроконтролері 18 значення через його другий вихід надходить на  $m+1$ -й вхід нейроподібної мережі 19.

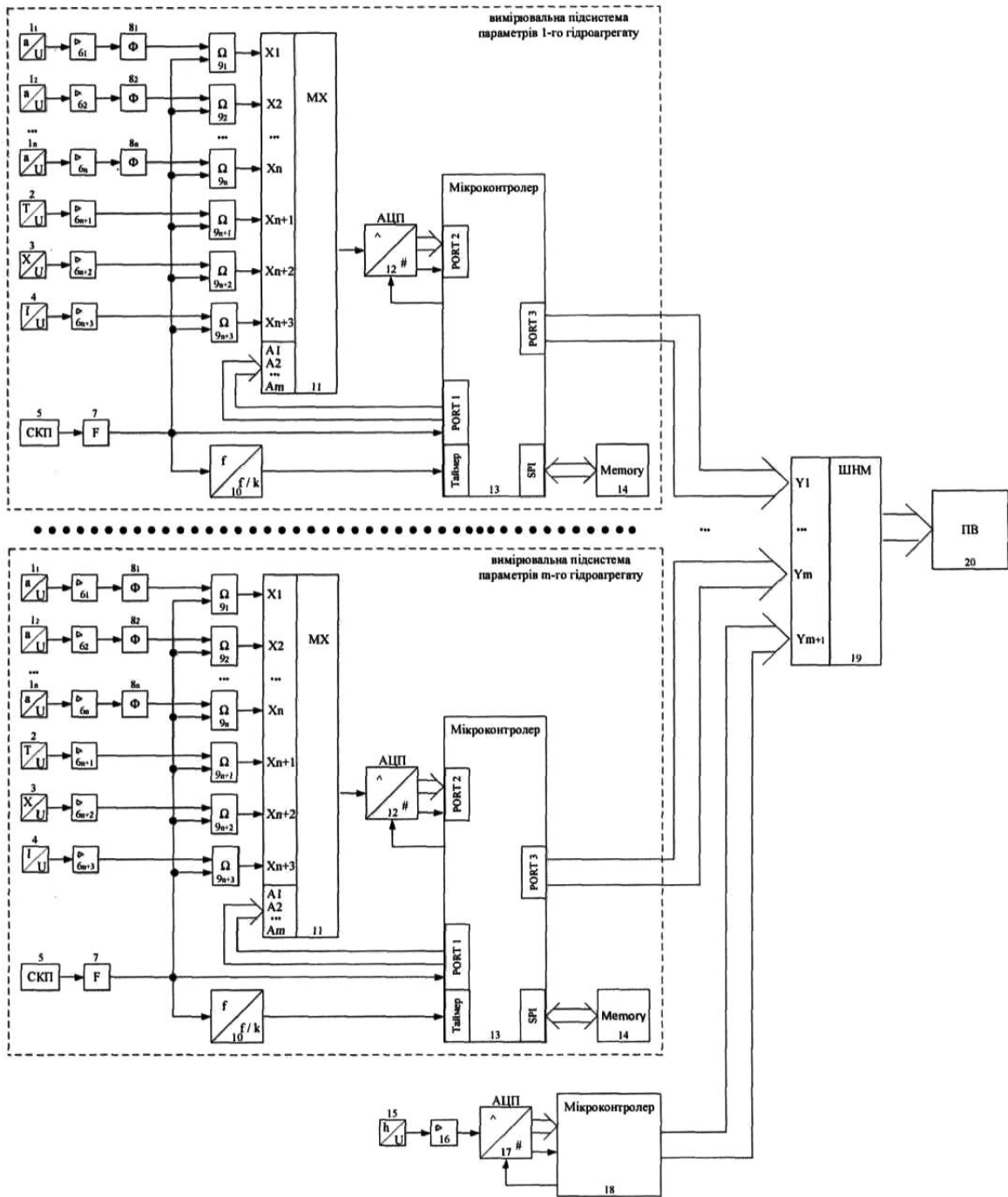
Робота підсистеми діагностування.

У нейроподібній мережі 19 на основі сигналів на її входах приймається рішення про імовірність наявності дефекту у кожному із вузлів  $m$  гідроагрегатів. Інформація про отриманий нейроподібною мережею 19 висновок через її вихід подається на пристрій візуалізації 20, де відбувається її виведення у зручній для оператора формі.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Система діагностування технічного стану гідроагрегатів ГЕС та ГАЕС, яка містить вимірювальну підсистему параметрів гідроагрегата, що складається з  $n$  вимірювальних каналів вібрації, до складу яких входять віброперетворювачі, виходи яких з'єднані з входами масштабуючих підсилювачів, виходи масштабуючих підсилювачів з'єднані з входами смугових фільтрів, а виходи смугових фільтрів з'єднані з першими входами елементів аналогової пам'яті, та вимірювальний канал кутового положення ротора електричної машини, до складу якого входить датчик кутового положення, вихід якого з'єднаний з формувачем, виходи  $n$  елементів аналогової пам'яті з'єднані з відповідним інформаційним входом аналогового мультиплексора, номер якого відповідає номеру каналу віброприскорення, адресний вхід аналогового мультиплексора з'єднаний з другим виходом першого порту мікроконтролера, вихід аналогового мультиплексора з'єднаний з першим входом цифро-аналогового перетворювача, а другий вхід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний з першим виходом першого порту мікроконтролера, перший та другий виходи цифро-аналогового перетворювача з'єднані з першим та другим входами другого порту мікроконтролера, відповідно, вихід датчика кутового положення ротора з'єднаний з входом формувача, а вихід формувача з'єднаний з входом подільника частоти, входом першого порту мікроконтролера та другими входами  $n$  елементів аналогової пам'яті, вихід подільника частоти з'єднаний з входом таймера мікроконтролера, вхід-

вихід SPI мікроконтролера з'єднаний з входом-виходом зовнішньої пам'яті, яка **відрізняється** тим, що до неї введено  $m-1$  вимірювальну підсистему параметрів гідроагрегата, у кожному з яких додатково введено канал температури полюсних обмоток ротора електричної машини, до складу якого входить безконтактний датчик температури, вихід якого з'єднаний з входом  $n+1$ -го масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+1$ -го елемента аналогової пам'яті, вимірювальний канал осьового зміщення ротора гідроагрегата, до складу якого входить безконтактний датчик осьового зміщення ротора, вихід якого з'єднаний з входом  $n+2$ -го масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+2$ -го елемента аналогової пам'яті та канал вихідної електричної потужності, до складу якого входить датчик струму, що встановлений на одній з полюсних обмоток статора гідроагрегата, вихід якого з'єднаний з входом  $n+3$ -го масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом  $n+3$ -го елемента аналогової пам'яті, другі входи  $n+1$ -го,  $n+2$ -го та  $n+3$ -го елементів аналогової пам'яті з'єднані з виходом формувача, а їх виходи з'єднані, відповідно, з  $n+1$ -им,  $n+2$ -им та  $n+3$ -им інформаційними входами аналогового мультиплексора, крім того, до складу кожної вимірювальної підсистеми введено канал рівня верхнього б'єфа, що складається з датчика верхнього б'єфа, вихід якого з'єднаний з входом масштабуючого підсилювача, вихід якого, у свою чергу, з'єднаний з першим входом цифро-аналогового перетворювача, а другий вхід цифро-аналогового перетворювача з'єднаний з першим виходом мікроконтролера, перший та другий виходи цифро-аналогового перетворювача з'єднані з першим та другим входами мікроконтролера, відповідно, виходи третього порту мікроконтролерів  $m$  підсистем вимірювання параметрів гідроагрегата з'єднані з  $m$  входами штучної нейроподібної мережі, а другий вихід мікроконтролера каналу рівня верхнього б'єфа з'єднаний з  $m+1$  входом штучної нейроподібної мережі, вихід штучної нейроподібної мережі з'єднаний з входом пристрою візуалізації.



Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601