



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 101664

(13) U

(51) МПК

G01N 22/04 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

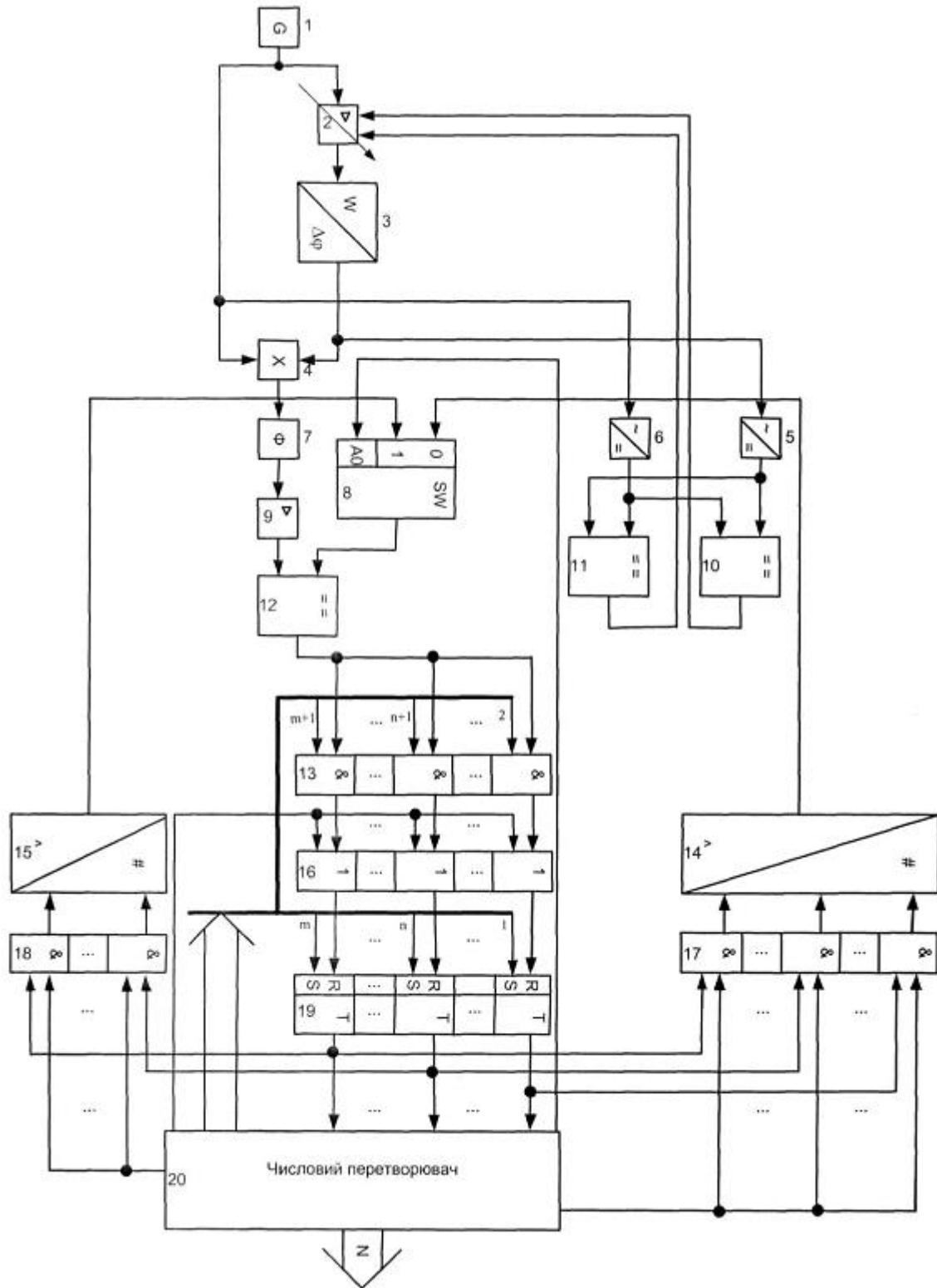
(21) Номер заявки: <b>u 2015 02930</b>	(72) Винахідник(и): <b>Граняк Валерій Федорович (UA), Кухарчук Василь Васильович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>30.03.2015</b>	(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.09.2015</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.09.2015, Бюл.№ 18</b>	

## (54) АДАПТИВНИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ

### (57) Реферат:

Адаптивний пристрій контролю вологості містить високочастотний генератор, первинний вимірювальний перетворювач вологості, що являє собою несиметричний смуговий хвилевід, блок аналогового множення, фільтр верхніх частот, числовий перетворювач, блок аналогового множення, нормуючий перетворювач, перший компаратор, аналоговий мультиплексор, три каскади логічних елементів І, каскад логічних елементів АБО, каскад RS-тригерів, два цифро-аналогових перетворювачі. Введено регульований нормуючий перетворювач, перший та другий блоки випрямлення змінної напруги та другий і третій компаратори.

UA 101664 U



Корисна модель належить до галузі аналізу властивостей речовин за допомогою електромагнітних хвиль ВЧ діапазону та може бути використана як лінійний вимірювальний перетворювач вологості в електричний сигнал для систем автоматизації обладнання.

5 Відомий мікрохвильовий вимірювач вологості (патент України № 38067, м. кл. G01N 22/04, опубл. 15.05.2001, бюл. № 4), який має мікрохвильовий генератор, послідовно з'єднані перший вентиль, перший трьохходовий циркулятор, автоматичний переривач, другий вентиль, другий трьохходовий циркулятор та приймально-передаючу антену, до вільного плеча першого трьохходового циркулятора підключені з'єднані послідовно атенуація, хвилевідний трійник і детекторна секція, другий вхід хвилевідного трійника з'єднаний з вільним плечем другого трьохходового циркулятора, диференційний підсилювач і стабілізоване джерело постійної 10 напруги, з'єднане з одним із входів диференційного підсилювача, і фазочутливий випрямляч, в який введені радіочастотний генератор, подільник частоти та амплітудний модулятор, який включений між виходом мікрохвильового генератора та входом першого вентиля, другий вхід амплітудного модулятора з'єднаний з виходом радіочастотного генератора та входом 15 подільника частоти, вихід якого з'єднаний з другим автоматичного переривника та другим входом фазочутливого випрямляча, вихід якого з'єднаний з другим входом диференційного підсилювача, послідовно з'єднані керований резонансний підсилювач, амплітудний детектор, фільтр верхніх частот і підсилювач змінної напруги, вихід якого з'єднаний з входом фазочутливого випрямляча, інтегратор, включений між виходом диференційного 20 підсилювача та другим входом керованого резонансного підсилювача, перший вхід якого підключений до виходу детекторної секції, а також послідовно з'єднані фільтр нижніх частот і аналого-цифровий перетворювач, при цьому вхід фільтра нижніх частот підключений до виходу амплітудного детектора, а вихід аналого-цифрового перетворювача є виходом мікрохвильового вимірювача вологості.

25 За прототип вибрано адаптивний пристрій контролю вологості (патент України № 76417, м. кл. G01N22/04, опубл. 10.01.2013, бюл. № 1), який містить високочастотний генератор, вихід якого з'єднаний з первинним вимірювальним перетворювачем вологості, що являє собою несиметричний смуговий хвилевід, фільтр верхніх частот, числовий перетворювач, блок аналогового множення, нормуючий перетворювач, компаратор, аналоговий мультиплексор, три 30 каскади логічних елементів I, каскад логічних елементів АБО, каскад RS-тригерів, два цифро-аналогових перетворювачі, причому вихід високочастотного генератора з'єднаний з другим входом блока аналогового множення, вихід первинного вимірювального перетворювача вологості з'єднаний з першим входом блока аналогового множення, вихід якого з'єднаний з входом фільтра верхніх частот, вихід якого з'єднаний з входом нормуючого перетворювача, 35 вихід якого з'єднаний з другим входом компаратора, вихід якого з'єднаний з першими входами першого каскаду логічних елементів I, виходи першого каскаду логічних елементів I з'єднані з першими входами каскаду логічних елементів АБО, виходи якого з'єднані з першими входами каскаду RS-тригерів, виходи каскаду RS-тригерів з'єднані з першим входом числового перетворювача та другими входами другого каскаду логічних елементів I, а  $m-n+1$  останніх 40 виходів каскаду RS-тригерів з'єднані з першими входами третього каскаду логічних елементів I,  $m$  перших паралельних каналів першого виходу числового перетворювача з'єднані з другими входами каскаду RS-тригерів, а  $m$  останніх паралельних каналів першого виходу числового перетворювача з'єднані з другими входами першого каскаду логічних елементів I, другий вихід числового перетворювача з'єднаний з другими входами каскаду логічних елементів АБО, третій 45 вихід числового перетворювача з'єднаний з першими входами другого каскаду логічних елементів I, четвертий вихід числового перетворювача з'єднаний з другими входами третього каскаду логічних елементів I, п'ятий вихід числового перетворювача з'єднаний з третім входом аналогового мультиплексора, шостий вихід числового перетворювача є виходом адаптивного пристрою для контролю вологості, виходи другого каскаду логічних елементів I з'єднані з 50 входом першого цифро-аналогового перетворювача, виходи третього каскаду логічних елементів I з'єднані з входом другого цифро-аналогового перетворювача, виходи першого та другого цифро-аналогового перетворювача з'єднані, відповідно, з першим та другим входами аналогового мультиплексора, а вихід аналогового мультиплексора з'єднаний з першим входом компаратора.

55 Недоліком даного пристрою є низька точність результатів вимірювання, пов'язана з наявністю значної фазоамплітудної похибки, що виникає в наслідок залежності амплітуди сигналу на виході первинного вимірювального перетворювача від вологості зразка, що призводить до збільшення вірогідності появи помилкових рішень першого та другого роду.

60 В основу корисної моделі поставлено задачу створення адаптивного пристрою контролю вологості, придатного для визначення вологості гетерогенних дисперсних діелектриків, в якому

за рахунок введення нових елементів та зв'язків, що забезпечують більш високу точність результатів вимірювання, досягається зменшення вірогідності появи помилкових рішень, що дає змогу підвищити точність автоматичної системи контролю за вологістю вихідного продукту.

Поставлена задача вирішується тим, що в адаптивний пристрій контролю вологості, який

5 містить високочастотний генератор, первинний вимірювальний перетворювач вологості, що являє собою несиметричний смуговий хвилевід, блок аналогового множення, фільтр верхніх частот, числовий перетворювач, блок аналогового множення, нормуючий перетворювач, перший компаратор, аналоговий мультиплексор, три каскади логічних елементів І, каскад логічних елементів АБО, каскад RS-тригерів, два цифро-аналогових перетворювачі, при чому

10 вихід високочастотного генератора з'єднаний з другим входом блока аналогового множення, вихід блока аналогового множення з'єднаний з входом фільтра верхніх частот, вихід якого з'єднаний з входом нормуючого перетворювача, вихід якого з'єднаний з другим входом першого компаратора, вихід якого з'єднаний з першими входами першого каскаду логічних елементів І, виходи першого каскаду логічних елементів І з'єднані з першими входами каскаду логічних елементів АБО, виходи якого з'єднані з першими входами каскаду RS-тригерів, виходи каскаду RS-тригерів з'єднані з першим входом числового перетворювача та другими входами другого

15 каскаду логічних елементів І, а  $m-n+1$  останніх виходів каскаду RS-тригерів з'єднані з першими входами третього каскаду логічних елементів І,  $m$  перших паралельних каналів першого виходу числового перетворювача з'єднані з другими входами каскаду RS-тригерів, а  $m$  останніх паралельних каналів першого виходу числового перетворювача з'єднані з другими входами першого каскаду логічних елементів І, другий вихід числового перетворювача з'єднаний з другими входами каскаду логічних елементів АБО, третій вихід числового перетворювача з'єднаний з першими входами другого каскаду логічних елементів І, четвертий вихід числового перетворювача з'єднаний з другими входами третього каскаду логічних елементів І, п'ятий вихід

20 числового перетворювача з'єднаний з третім входом аналогового мультиплексора, шостий вихід числового перетворювача є виходом адаптивного пристрою для контролю вологості, виходи другого каскаду логічних елементів І з'єднані з входом першого цифро-аналогового перетворювача, виходи третього каскаду логічних елементів І з'єднані з входом другого цифро-аналогового перетворювача, виходи першого та другого цифро-аналогового перетворювача з'єднані, відповідно, з першим та другим входами аналогового мультиплексора, а вихід аналогового мультиплексора з'єднаний з першим входом першого компаратора, введено регульований нормуючий перетворювач, перший та другий блоки випрямлення змінної напруги та другий і третій компаратори, причому перший вхід регульованого нормуючого перетворювача з'єднаний з виходом високочастотного генератора, а його вихід з'єднаний з входом первинного

35 вимірювального перетворювача вологості, вхід першого блока випрямлення змінної напруги з'єднаний з виходом первинного вимірювального перетворювача вологості, а його вихід з'єднаний з першим входом другого та другим входом третього компаратора, вхід другого блока випрямлення змінної напруги з'єднаний з виходом високочастотного генератора, а його вихід з'єднаний з другим входом другого та першим входом третього компаратора, виходи другого та

40 третього компаратора з'єднані, відповідно, з другим та третім входом регульованого нормуючого перетворювача.

На кресленні представлено структурну схему пристрою.

Пристрій містить високочастотний генератор 1, вихід якого з'єднаний з першим входом регульованого нормуючого перетворювача 2 та другим входом блока аналогового множення 4,

45 вихід регульованого нормуючого перетворювача 2 з'єднаний з входом первинного вимірювального перетворювача вологості 3, вихід блока аналогового множення 4 з'єднаний з входом фільтра верхніх частот 7, вихід якого з'єднаний з входом нормуючого перетворювача 9, вихід якого з'єднаний з другим входом першого компаратора 12, вихід якого з'єднаний з першими входами першого каскаду логічних елементів І 13, виходи першого каскаду логічних елементів І 13 з'єднані з першими входами каскаду логічних елементів АБО 16, виходи каскаду логічних елементів АБО 16 з'єднані з першими входами каскаду RS-тригерів 19, виходи каскаду RS-тригерів 19 з'єднані з першим входом числового перетворювача 20 та другими входами другого каскаду логічних елементів І 14, а  $m-n+1$  останніх виходів каскаду RS-тригерів 14 з'єднані з першими входами третього каскаду логічних елементів І 18,  $m$  перших паралельних каналів першого виходу числового перетворювача 20 з'єднані з другими входами каскаду RS-тригерів 19, а  $m$  останніх паралельних каналів першого виходу числового перетворювача 20 з'єднані з другими входами першого каскаду логічних елементів І 13. Другий вихід числового перетворювача 20 з'єднаний з другими входами каскаду логічних елементів АБО 16, третій вихід числового перетворювача 20 з'єднаний з першими входами другого каскаду логічних

50 елементів І 17, четвертий вихід числового перетворювача 20 з'єднаний з другими входами

третього каскаду логічних елементів I 18, п'ятий вихід числового перетворювача 20 з'єднаний з третім входом аналогового мультиплексора 8, а шостий вихід числового перетворювача 20 є виходом адаптивного пристрою для контролю вологості. Виходи другого каскаду логічних елементів I 17 з'єднані з входом першого цифро-аналогового перетворювача 14, а виходи  
 5 третього каскаду логічних елементів I 18 з'єднані з входом другого цифро-аналогового перетворювача 15. Виходи першого 14 та другого 15 цифро-аналогового перетворювача з'єднані, відповідно, з першим та другим входами аналогового мультиплексора 8, а вихід аналогового мультиплексора 8 з'єднаний з першим входом першого компаратора 12, перший  
 10 вхід регульованого нормуючого перетворювача 2 з'єднаний з виходом високочастотного генератора 1, а його вихід з'єднаний з входом первинного вимірювального перетворювача вологості 3, вхід першого блока випрямлення змінної напруги 5 з'єднаний з виходом первинного вимірювального перетворювача вологості 3, а його вихід з'єднаний з першим входом другого 10 та другим входом третього 11 компаратора, вхід другого блока випрямлення змінної напруги 6 з'єднаний з виходом високочастотного генератора 1, а його вихід з'єднаний з другим входом  
 15 другого 10 та першим входом третього 11 компаратора, виходи другого 10 та третього 11 компаратора з'єднані, відповідно, з другим та третім входом регульованого нормуючого перетворювача 2.

Пристрій працює так.

3 високочастотного генератора 1 на вхід регульованого нормуючого перетворювача 2 та  
 20 блока аналогового множення 4 подається високочастотний сигнал. Підсилившись у регульованому нормуючому перетворювачі 2, сигнал з його виходу надходить на вхід первинного вимірювального перетворювача вологості 3. Проходячи через первинний вимірювальний перетворювач 3, інформативний параметр  $U_1(t)$ , залежно від вологості, зсувається за фазою відносно опорного сигналу  $U_0(t)$  на різницю фаз:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_0 = \sqrt{\frac{B_1}{B_4 - WB_5} + \frac{WB_2}{B_4 - WB_5}} - B_3, \text{ де}$$

W - вологість зразка;

$\varphi_1$  - фаза інформативної хвилі;

$\varphi_0$  - фаза опорної хвилі;

$B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  - постійні коефіцієнти.

3 виходу первинного вимірювального перетворювача 3 сигнал подається на вхід блока  
 30 аналогового множення 4. В результаті перемноження опорного та інформативного сигналу у площі аналогового множення 4 на його виході отримуємо наступний сигнал:

$$A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) \cdot A_0 \sin(\omega t + \varphi_0) = \frac{1}{2} A_1 A_2 [\sin(\varphi_1 - \varphi_0) + \sin(2\omega t + \varphi_1 + \varphi_0)]$$

3 виходу блока аналогового множення 4 даний сигнал надходить на фільтр верхніх частот 7,  
 35 де відбувається відфільтрування змінних у часі сигналів, як вищих гармонік, що були отримані унаслідок перемноження, так і змінного в часі випадкового шуму. В результаті цієї операції на виході фільтра верхніх частот 7 отримується наступний сигнал, що пов'язує рівень вихідної напруги з вологістю досліджуваного зразка:

$$U = \frac{1}{2} A_1 A_2 \sin\left(\sqrt{\frac{B_1}{B_4 - WB_5} + \frac{WB_2}{B_4 - WB_5}} - B_3\right)$$

Відфільтрована постійна складова напруги з виходу фільтра верхніх частот 7 надходить на  
 40 вхід нормуючого перетворювача 9, де відбувається його підсилення до рівня, придатного для роботи першого компаратора 12. З виходу нормуючого перетворювача 9 підсилений сигнал надходить на другий вхід першого компаратора 12, де порівнюється із сигналом з виходу аналогового мультиплексора 8, який надходить на перший вхід першого компаратора 12. На  
 45 виході першого компаратора 12 з'являється сигнал логічної одиниці у випадку, якщо рівень напруги на першому вході є вищим за рівень напруги на другому вході. В такому випадку, якщо сигнал на виході аналогового мультиплексора 8 має вищий рівень, ніж сигнал на виході нормуючого перетворювача 9, на виході першого компаратора 12 встановлюється сигнал логічної одиниці, в іншому випадку на виході першого компаратора 12 встановлюється сигнал логічного нуля. Якщо на виході першого компаратора 12 встановлено сигнал логічної одиниці,  
 50 то відбувається відкривання відповідного логічного елемента I першого каскаду логічних елементів I 13, та при подачі сигналу на наступний паралельний канал першого виходу

числового перетворювача 20, через відповідний логічний елемент АБО каскаду логічних елементів АБО 16 обнуляється відповідний RS-тригер каскаду RS-тригерів 19, що був встановлений при подачі сигналу на поточний паралельний канал першого виходу числового перетворювача 20. Якщо ж на виході першого компаратора 12 встановлюється сигнал логічного нуля, то обнулення відповідного RS-тригера каскаду RS-тригерів 19 не відбувається. При закінченні вимірювального перетворення, після подачі сигналу на останній паралельний канал першого виходу числового перетворювача 20 з виходів каскаду RS-тригерів 19 відбувається зчитування числового коду, що пропорційний поточному значенню вологості зразка, числовим перетворювачем 20 через перший вхід та занулення каскаду RS-тригерів 19 шляхом подачі сигналу логічної одиниці на другий вихід числового перетворювача 20. В залежності від необхідної точності вимірювання (величини кроку квантування) в процесі вимірювання сигналом з третього або четвертого виходу числового перетворювача 20 відбувається, відповідно, відкриття другого 17 або третього 18 каскаду логічних елементів I, в наслідок чого поточний двійковий код з виходу каскаду RS - тригерів 19, через другий 17 або третій 18 каскад логічних елементів I, що використовуються як цифровий ключ, подається, відповідно, на вхід першого 14 або другого 15 цифро-аналогового перетворювача, де відбувається перетворення поточного двійкового коду в величину аналогової напруги з кроком квантування, що відповідає відповідному цифро-аналоговому перетворювачу. З виходу першого 14 або другого 15 цифро-аналогового перетворювача сигнал надходить на відповідний вхід аналогового мультиплексора 8. Відповідно до значення сигналу на п'ятому виході числового перетворювача 20, сигнал з виходу відповідного цифро-аналогового перетворювача (14 або 15), через аналоговий мультиплексор 8 надходить на перший вхід першого компаратора 12, де порівнюється з сигналом з виходу нормуючого перетворювача 9.

З виходу первинного вимірювального перетворювача вологості 3 сигнал надходить на вхід першого блока випрямлення змінної напруги 5, де перетворюється у рівень постійної напруги, пропорційний амплітуді напруги на виході первинного вимірювального перетворювача вологості 3. З виходу першого блока випрямлення змінної напруги 5 рівень постійної напруги подається на перший вхід другого 10 та другий вхід третього 11 компараторів. З виходу високочастотного генератора 1 сигнал надходить на вхід другого блока випрямлення змінної напруги 6, де перетворюється у рівень постійної напруги, пропорційний амплітуді напруги на виході високочастотного генератора 1. З виходу другого блока випрямлення змінної напруги 6 рівень постійної напруги подається на другий вхід другого 10 та перший вхід третього 11 компараторів. Якщо сигнал на першому вході другого 10 або третього 11 компараторів перевищує сигнал на його другому вході, то на виході відповідного компаратора встановлюється сигнал логічної одиниці, у іншому випадку - сигнал логічного нуля. З виходів другого 10 та третього 11 компараторів сигнали надходять, відповідно, на другий та третій входи регульованого нормуючого перетворювача 2. Якщо на другий вхід регульованого нормуючого перетворювача 2 надходить сигнал логічної одиниці, то його коефіцієнт підсилення поетапно зменшується з певним (малим) кроком квантування, якщо ж сигнал логічної одиниці надходить на третій вхід регульованого нормуючого перетворювача 2, то його коефіцієнт підсилення поетапно збільшується з певним (малим) кроком квантування. У випадку, якщо на другий та третій вхід регульованого нормуючого перетворювача 2 надходять сигнали логічного нуля (що відповідає рівності амплітуд сигналів на виході первинного вимірювального перетворювача вологості 3 та високочастотного генератора 1), то його коефіцієнт підсилення залишається незмінним.

Сигнал, що надходить з шостого виходу числового перетворювача 20 є пропорційним поточній вологості зразка та є виходом адаптивного пристрою контролю вологості.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Адаптивний пристрій контролю вологості, який містить високочастотний генератор, первинний вимірювальний перетворювач вологості, що являє собою несиметричний смуговий хвилевід, блок аналогового множення, фільтр верхніх частот, числовий перетворювач, блок аналогового множення, нормуючий перетворювач, перший компаратор, аналоговий мультиплексор, три каскади логічних елементів I, каскад логічних елементів АБО, каскад RS-тригерів, два цифро-аналогових перетворювачі, причому вихід високочастотного генератора з'єднаний з другим входом блока аналогового множення, вихід блока аналогового множення з'єднаний з входом фільтра верхніх частот, вихід якого з'єднаний з входом нормуючого перетворювача, вихід якого з'єднаний з другим входом першого компаратора, вихід якого з'єднаний з першими входами першого каскаду логічних елементів I, виходи першого каскаду логічних елементів I з'єднані з першими входами каскаду логічних елементів АБО, виходи якого з'єднані з першими входами

каскаду RS-тригерів, виходи каскаду RS-тригерів з'єднані з першим входом числового перетворювача та другими входами другого каскаду логічних елементів І, а  $m-n+1$  останніх виходів каскаду RS-тригерів з'єднані з першими входами третього каскаду логічних елементів І,  $m$  перших паралельних каналів першого виходу числового перетворювача з'єднані з другими

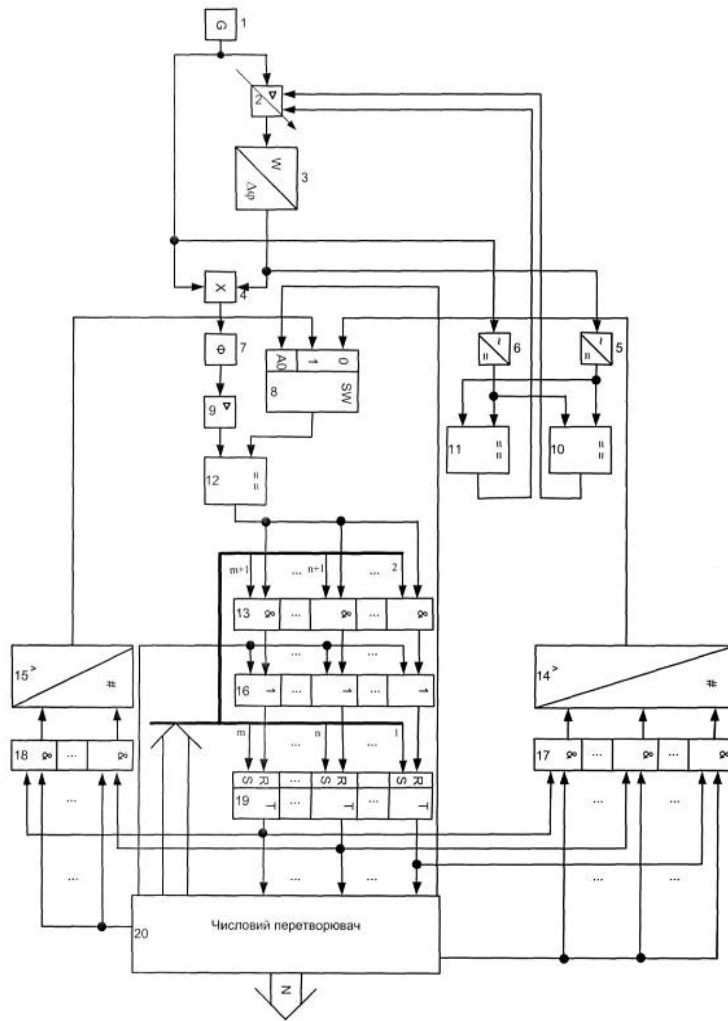
5 входами каскаду RS-тригерів, а  $m$  останніх паралельних каналів першого виходу числового перетворювача з'єднані з другими входами першого каскаду логічних елементів І, другий вихід числового перетворювача з'єднаний з другими входами каскаду логічних елементів АБО, третій вихід числового перетворювача з'єднаний з першими входами другого каскаду логічних елементів І, четвертий вихід числового перетворювача з'єднаний з другими входами третього

10 каскаду логічних елементів І, п'ятий вихід числового перетворювача з'єднаний з третім входом аналогового мультиплексора, шостий вихід числового перетворювача є виходом адаптивного пристрою для контролю вологості, виходи другого каскаду логічних елементів І з'єднані з входом першого цифро-аналогового перетворювача, виходи третього каскаду логічних елементів І з'єднані з входом другого цифро-аналогового перетворювача, виходи першого та

15 другого цифро-аналогового перетворювача з'єднані, відповідно, з першим та другим входами аналогового мультиплексора, а вихід аналогового мультиплексора з'єднаний з першим входом першого компаратора, який **відрізняється** тим, що в нього введено регульований нормуючий перетворювач, перший та другий блоки випрямлення змінної напруги та другий і третій компаратори, причому перший вхід регульованого нормуючого перетворювача з'єднаний з

20 виходом високочастотного генератора, а його вихід з'єднаний з входом первинного вимірювального перетворювача вологості, вхід першого блока випрямлення змінної напруги з'єднаний з виходом первинного вимірювального перетворювача вологості, а його вихід з'єднаний з першим входом другого та другим входом третього компаратора, вхід другого блока випрямлення змінної напруги з'єднаний з виходом високочастотного генератора, а його вихід з'єднаний з другим входом другого та першим входом третього компаратора, виходи другого та

25 третього компаратора з'єднані, відповідно, з другим та третім входом регульованого нормуючого перетворювача.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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