

Винахід відноситься до техніки вимірювань електрофізичних параметрів рідин, призначено для застосування в океанографічній апаратурі і може бути використане в різних технологічних системах вимірювання і контролю електричної провідності рідини.

Специфіка сучасних вимог до більшості гідрофізичних вимірювальних пристроїв і приладів контролю технологічних процесів полягає в тому, що апаратура повинна мати як можна менші розміри і як можна більш високу точність вимірювання. Зменшення габаритних розмірів вимірювального модуля дозволяє підвищити коефіцієнт просторового дозволу для гідрофізичної апаратури, здійснювати вимірювання електричної провідності невеликих об'ємів рідини в технологічних процесах і вносити менші збурення у вимірювальну середу, що необхідно для виконання мікро- і дрібноструктурних досліджень з високою точністю. Зі збільшенням міри інтеграції електронних елементів і впровадженням процесорної техніки стало можливим виконання викладених вимог. Однак при мінімізації технічних рішень можливості мікропроцесорів розробниками використовуються далеко не повністю.

Відомий пристрій [1] для вимірювання електричної провідності рідини, що містить первинний вимірювальний перетворювач контактного типу, виконаний у вигляді 4-контактної вимірювальної комірки і вторинний вимірювальний перетворювач, що включає в себе схему порівняння стабільної по амплітуді напруги з напругою з виходу первинного вимірювального перетворювача, нуль-орган, логічний блок керування, що перетворює результат порівняння у вихідний код, цифрово-аналоговий перетворювач і регулятор струму через первинний вимірювальний перетворювач.

Такі ознаки аналога [1], як  $m$ -електродна вимірювальна комірка контактного типу, включена в ланцюг зворотного зв'язку вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, що робить характеристику перетворення лінійною по відношенню до провідності рідини, живлення первинного вимірювального перетворювача від регулятора струму, еталонний резистор, включений послідовно зі струмовими електродами первинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини співпадають з істотними ознаками заявленого винаходу.

Структурна схема, що відображає алгоритм роботи цього пристрою, приведена на фіг.1.

Технічне рішення, втілене в пристрої [1], дозволило дещо спростити вторинний вимірювальний перетворювач, виключивши з нього ряд вузлів, однак вимірювальна схема залишається ще досить складною і включає в себе принаймні три досить трудомісткі та погано що піддаються інтеграції моточки вузли.

Крім того, стабільність вихідного коду цього цифрового перетворювача електричної провідності рідини

$$N = \chi_X R_0 K_{TP1} \frac{U_r}{K_{ЦАП}} \quad (1)$$

де  $K_{TP1} = \frac{U_{оп}}{U_r}$  залежить не тільки від стабільності еталонного резистора  $R_0$ , але і від коефіцієнта перетворення опорного трансформатора  $K_{TP1}$  і коефіцієнта перетворення цифрово-аналогового перетворювача  $K_{ЦАП}$ , який врахований тут тільки як ідеальний дільник  $\frac{U_r}{N_{MAX}}$ , тобто стабільність вихідного коду пристрою залежить від стабільності коефіцієнтів вторинного вимірювального перетворювача.

У цей час існують ще більш прості вимірювальні перетворювачі електричної провідності рідин, що зовсім не містять моточки вузли що мають мінімум електронних вузлів.

Найбільш близьким до того, що пропонується по сукупності ознак є вимірювальний перетворювач електричної провідності рідини [2, с. 42], що містить первинний вимірювальний перетворювач, виконаний у вигляді триелектродної комірки контактного типу, перший струмовий електрод якого підключений до загальної шини перетворювача електричної провідності рідини, еталонний резистор  $R_0$ , перший вихід якого підключений до другого струмового електрода первинного вимірювального перетворювача, вторинний вимірювальний перетворювач, виконаний з керованого регулятора струму, на перший вхід якого, що є першим входом вторинного вимірювального перетворювача, подана опорна напруга  $U_0$ , а вихід, що є першим виходом вторинного вимірювального перетворювача, підключений до другого виходу еталонного резистора  $R_0$ , ВЧ-фільтра, вхід якого підключений до потенційного електрода первинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, а вихід ВЧ-фільтра - до другого входу регулятора струму і диференціального пристрою, перший вхід якого, що є третім входом вторинного вимірювального перетворювача, підключений до другого виходу еталонного резистора  $R_0$ , другий вхід, що є четвертим входом вторинного вимірювального перетворювача, підключений до першого виходу еталонного резистора  $R_0$ , а вихід є виходом вимірювального перетворювача електричної провідності рідини (фіг.2).

Такі ознаки пристрою, як первинний вимірювальний перетворювач електричної провідності рідини, виконаний у вигляді  $m$ -електродної вимірювальної комірки контактного типу і підключений в ланцюг зворотного зв'язку вторинного вимірювального перетворювача, еталонний резистор, підключений послідовно зі струмовими електродами первинного вимірювального перетворювача, вторинний вимірювальний перетворювач електричної провідності рідини, виконаний у вигляді регулятора струму, на перший вхід якого подана опорна напруга, а струмовий вихід підключений до послідовного ланцюга, що складається з еталонного резистора і струмових електродів первинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, ВЧ-фільтра, вихід якого підключений до другого входу регулятора струму, співпадають з істотними ознаками заявленого винаходу.

При роботі цього вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, вибраного як прототип, струм через первинний вимірювальний перетворювач автоматично регулюється так, що незалежно від електричної провідності рідини на потенційному електроді підтримується постійна напруга, рівна опорної  $U_0$ .

Струм через комірку приведенного перетворювача виявляється прямопропорційним електричної провідності рідини, що вимірюється, й перетворюється за допомогою еталонного резистора  $R_0$  в напругу. Якщо тепер цю напругу виміряти з допомогою квантователя по рівню, наприклад, АЦП із диференціальним

входом, якими зараз рясніє сучасна елементна база, то цей перетворювач цілком буде відповідати цифровому пристрою для вимірювання електричної провідності рідини. Диференціальний пристрій введеному перетворювачі як раз і служить для формування необхідного вихідного сигналу. Як видно з [2, с. 43], експериментальні дослідження даного перетворювача підтвердили його високі метрологічні характеристики. Для оцінки залежності вихідного сигналу  $N$  від параметрів елементів вторинного вимірювального перетворювача представлена структурна схема (фіг. 3), що відображає алгоритм роботи введеного перетворювача електричної провідності рідини.

По структурній схемі легко скласти залежність вихідного сигналу перетворювача від коефіцієнтів перетворення елементів вторинного вимірювального перетворювача:

$$N = \frac{K_{\text{РЕГ}} \frac{1}{R_0 + R_{\text{ПІП}}}}{1 + K_{\text{РЕГ}} \frac{1}{R_0 + R_{\text{ПІП}}} K_{\text{ВФЧ}} R_{\chi}} U_0 R_0 K_{\text{ДИФ}} \quad (2)$$

де  $K_{\text{РЕГ}}$  - коефіцієнт передачі регулятора струму;

$K_{\text{ВФЧ}}$  - коефіцієнт передачі ВЧ-фільтра;

$K_{\text{ДИФ}}$  - коефіцієнт передачі диференціального пристрою;

$R_0$  - опір еталонного резистора;

$R_{\phi}$  - опір (датчика) первинного вимірювального перетворювача між струмовими електродами;

$U_0$  - опорна напруга, що поступає на вхід регулятора струму;

$R_{\chi}$  - опір частини первинного вимірювального перетворювача, що вимірюється, тобто між потенційним електродом і струмовим електродом, підключеним до загальної шини перетворювача.

При  $K_{\text{РЕГ}} \rightarrow \infty$ , що може бути в 2-х випадках: при  $K_{\text{УС}} \rightarrow \infty$ , тобто підсилювача, на якому виконаний регулятор, як в прототипі, або, якщо регулятор інтегруючого типу при  $\omega \rightarrow 0$ , тобто в сталому режимі, значення вихідного сигналу перетворювача прийме вигляд:

$$N = U_0 R_0 \frac{K_{\text{ДИФ}}}{K_{\text{ВФЧ}}} \chi_{\chi} \quad (3)$$

де  $\chi_{\chi}$  - електрична провідність рідини між інформаційними електродами.

З вираження (3) видно, що стабільність вихідного сигналу залежить не тільки від стабільності еталонного резистора  $R_0$ , але і від стабільності опорної напруги  $U_0$ , стабільності коефіцієнтів перетворення диференціального пристрою і ВЧ-фільтра.

У основу винаходу поставлена задача створення цифрового перетворювача електричної провідності рідини, в якому за рахунок виключення похибок, зумовлених залежністю вихідного сигналу від нестабільності параметрів елементів вторинного вимірювального перетворювача, забезпечується зменшення похибки цифрового перетворювача електричної провідності рідини до рівня похибки, зумовленої нестабільністю тільки еталонного резистора  $R_0$ . Вказаний технічний результат забезпечує підвищення точності перетворення.

Поставлена задача вирішується тим, що в цифровому перетворювачі електричної провідності рідини, що містить первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) електричної провідності рідини, виконаний у вигляді  $m$ -електродної вимірювальної комірки контактної типу, один струмовий електрод якого підключений до загальної шини цифрового перетворювача електричної провідності рідини, еталонний резистор  $R_0$ , перший вивід якого підключений до іншого струмового електрода первинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, вторинний вимірювальний перетворювач (ВВП) електричної провідності рідини, виконаний у вигляді регулятора струму, на перший вхід якого, що є першим входом вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, подана опорна напруга, а вихід, що є першим виходом вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, підключений до послідовного ланцюга, що складається з еталонного резистора та струмових електродів первинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, ВЧ-фільтра, вихід якого підключений до другого входу регулятора струму і диференціального пристрою, перший вхід якого є третім входом, а другий вхід - четвертим входом вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, особливість полягає в тому, що додатково введені двоканальний диференціальний мультиплексор, два входи одного з каналів якого підключені до виводів еталонного резистора, а два інших - до інформаційних електродів первинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, перший вихід мультиплексора підключений до першого входу диференціального пристрою, другий вихід - до другого входу диференціального пристрою, вихід диференціального пристрою - до входу ВЧ-фільтра, а другий вхід вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини є третім входом регулятора струму, мікропроцесор, перший вхід якого підключений до другого, виходу регулятора струму, що є другим виходом вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, перший керуючий вихід мікропроцесора підключений до другого входу вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини, другий вихід - до керованого входу двоканального мультиплексора, а третій вихід мікропроцесора є виходом цифрового перетворювача електричної провідності рідини.

Додатковим технічним результатом винаходу є розширення функціональних можливостей шляхом перетворення додаткових гідрофізичних параметрів, наприклад, температури, при цьому забезпечується підвищення точності перетворення.

Вказаний додатковий технічний результат досягається тим, що в заявленому цифровому перетворювачі електричної провідності рідини диференціальний мультиплексор виконаний  $n$ -канальним, де  $n > 2$ , два входи  $n$ -го каналу якого підключені до інформаційних виводів первинного вимірювального перетворювача додаткового гідрофізичного параметра.

Відмінності заявленого пристрою від прототипу відносяться до особливостей підключення диференціального пристрою вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини.

Введення нового зв'язку - вихід диференціального пристрою - вхід ВЧ-фільтра, дозволило підключати до вторинного вимірювального перетворювача не тільки електронні вузли з 3-електродними первинними

перетворювачами, але і 4-і т.д. електродними в залежності від заданої точності перетворювача.

Введення мультиплексора дозволило отримувати на виході цифрового перетворювача електричної провідності рідини коди, пропорційні сигналам з будь-яких датчиків, що складають послідовний ланцюг, підключений до струмового виходу регулятора струму, з одним і тим же коефіцієнтом передачі.

Введення мікропроцесора, в регістри якого поступають опорний та інформаційний сигнали, дозволяє при порівнянні сигналу виключити залежність вихідного коду від тієї, що має місце в прототипі, нестабільності всіх вузлів вторинного вимірювального перетворювача.

Введення мікропроцесора, необхідного також для синхронізації роботи елементів цифрового перетворювача, дозволило, на відміну від прототипу, подати сигнали, утримуючі опорний та інформаційний параметри, на входи схеми порівняння, роль якої в запропонованому перетворювачі грає сам мікропроцесор.

Введення нового зв'язку - перший керуючий вихід мікропроцесора - другий вхід вторинного вимірювального перетворювача електричної провідності рідини дозволило не тільки синхронізувати роботу вузлів цифрового вимірювального перетворювача, але і, на відміну від прототипу, порівняти сигнали, що містять опорний та інформаційний параметри, з однаковим коефіцієнтом перетворення, а значить і з однаковою похибкою, тим самим виключити ці похибки при порівнянні сигналів.

На фіг.4 зображена функціональна схема одного з можливих варіантів виконання заявленого цифрового перетворювача електричної провідності рідини.

Пристрій містить первинний вимірювальний перетворювач 1, еталонний резистор  $R_0$ , вторинний вимірювальний перетворювач 2, що містить в свою чергу регулятор струму 3, на перший вхід якого поступає опорна напруга  $U_0$ , а вихід є цифровим виходом вторинного вимірювального перетворювача 2, ВЧ-фільтр 4, вихід якого підключений до другого входу регулятора струму 3, і диференціальний пристрій 5, вихід якого підключений до виходу ВЧ-фільтра 4. Двоканальний диференціальний мультиплексор 6, перший і другий диференціальні виходи якого підключені до першого і другого входів відповідно диференціального пристрою 5, перший і другий входи підключені до виводів еталонного резистора  $R_0$ , а третій і четвертий входи - до інформаційних виводів первинного вимірювального перетворювача 1.

До складу даного пристрою входить також мікропроцесор 7. При цьому цифровий вихід вторинного вимірювального перетворювача підключений до інформаційного входу мікропроцесора 7, третій вихід якого є виходом цифрового перетворювача електричної провідності рідини. Вихід 2 мікропроцесора 7 підключений до керованого входу мультиплексора 6, а вихід 1 - до входу 2, що синхронізується, вторинного вимірювального перетворювача 2, наприклад, включає АЦП і знімає з нього сигнал "кінець перетворення".

Двоканальний диференціальний мультиплексор 6, що дозволяє отримати на виході вторинного перетворювача 2 сигнал, що містить опорний параметр з тим же коефіцієнтом передачі, що і інформаційний, може бути виконаний, наприклад, на базі мікросхем К561 КР1 ([3], с. 228). Регулятор струму 3 вторинного вимірювального перетворювача 2 може бути виконаний двох типів:

а) змінного струму - при  $U_0$  змінної напруги, але зі стабільною амплітудою, тоді аналоговий пристрій, як і в прототипі, у вигляді будь-якого широкополосного диференціального операційного підсилювача типу К544 УД2 ([4], с. 287), вихід якого є струмовим виходом і будь-якого швидкодіючого сучасного аналогово-цифрового перетворювача, наприклад, АDn C824 фірми Analog Devices [5], вхід якого підключений до виходу аналогового пристрою регулятора струму 3, а вихід є цифровим виходом регулятора струму 3. Диференціальний пристрій 5 може бути виконаний на інструментальному підсилювачі з високою інтеграцією елементів, наприклад, INA 111 фірми Burr - Brown [6];

б) постійного типу - при  $U_0$  постійної, але стабільної напруги, тоді двоканальний диференціальний мультиплексор використовують не тільки для підключення з первинного вимірювального перетворювача на опорну провідність, але і як демодулятор для отримання постійного сигналу  $U_{зз}$  на виході ВЧ-фільтра 4, тоді на струмовому виході регулятора струму 3 встановлюється модулятор, наприклад, такий як в [7, т. 2, с. 384]. У цьому режимі мультиплексор 6 виконує ту ж роль, що і ВЧ-фільтр, бо середнє значення неінформаційного електродного потенціалу, що повільно змінюється, що залежить від концентрації і вигляду іонів в розчині, що вимірюється, після демодуляції інформаційного сигналу з первинного вимірювального перетворювача дорівнює нулю. Аналоговий пристрій регулятора струму 3 може бути виконаний також, як і в прототипі, у вигляді будь-якого диференціального операційного підсилювача, наприклад, типу К544 УД2 [4, с. 287] або диференціального інтегратора або інтегратора - суматора, приведенного в [8, с. 139], тільки в цьому випадку необхідно підібрати фазу напруги зворотного зв'язку по відношенню до опорної напруги  $U_0$ , шляхом відповідного підключення входів диференціального пристрою 5 до виходів 3 і 4 мультиплексора 6. Аналого-цифровий перетворювач регулятора струму 3 і диференціальний пристрій 5, так само як і в попередньому випадку, можуть бути виконані на електронних вузлах високої інтеграції АDn C824 [5] і INA 111 відповідно.

ВЧ-фільтр 4 може бути виконаний, як і в прототипі, у вигляді конденсатора, навантаженням якого є вхідний опір регулятора струму 3, або ВЧ-фільтра, викладеного в [8, с. 58].

Мікропроцесор 7 може бути виконаний на базі мікроконтроллера, що входить до складу аналого-цифрових перетворювачів, вказаних вище за АDn C812÷АDn C824, в структурі яких є ядро мікропроцесора 8051 [5].

Пристрій працює таким чином.

На виході 2 мікропроцесора 7 встановлюється код, що підключає двоканальний диференціальний мультиплексор 6 до виходу первинного вимірювального перетворювача 1. Структурна схема цифрового перетворювача електричної провідності, що відображає алгоритм його роботи в цьому режимі, зображена на фіг.5.

По цій структурній схемі легко скласти залежність вихідного сигналу перетворювача від коефіцієнтів перетворення елементів вторинного вимірювального перетворювача.

$$N = \frac{K_{АН.РЕГ} \cdot K_{АЦП} \cdot U_0}{1 + K_{АН.РЕГ} \cdot \frac{1}{R_0 + R_D} \cdot R_X \cdot K_{ВЧФ} \cdot K_{ДИФ}} \quad (4)$$

де  $K_{АН.РЕГ}$  - коефіцієнт передачі аналогової частини регулятора струму;  
 $K_{ВЧФ}$  - коефіцієнт передачі ВЧ-фільтра;  
 $K_{АЦП}$  - коефіцієнт передачі аналого-цифрової частини перетворювача;  
 $K_{ДИФ}$  - коефіцієнт передачі диференціального пристрою;  
 $R_0$  - опір еталонного резистора;  
 $R_d$  - опір (датчика) первинного вимірювального перетворювача;  
 $U_0$  - опорна напруга, що поступає на вхід регулятора струму;  
 $R_x$  - опір частини первинного вимірювального перетворювача, що вимірюється, тобто між потенційним електродом і струмовим електродом, підключеним до загальної шини перетворювача.

При  $K_{АН.РЕГ} \rightarrow \infty$  значення вихідного сигналу перетворювача електричної провідності прийме вигляд:

$$N = \frac{K_{АЦП} \cdot U_0}{\frac{1}{R_0 + R_d} \cdot K_{ВЧФ} \cdot K_{ДИФ}} \quad (5)$$

де  $\chi_x$  - електрична провідність рідини між потенційним і струмовим електродами.

Поточне, значення  $N$  фіксується в регістрах мікропроцесора 7. Після чого на виході 2 встановлюється код, що підключає двоканальний диференціальний мультиплексор 6 до еталонної провідності  $\chi_0$ . Структурна схема цифрового перетворювача електричної провідності, що відображає алгоритм його роботи в цьому режимі, відрізняється від зображеної на фіг.5 лише тим, що замість вимірювальної частини первинного вимірювального перетворювача підключається еталонна провідність  $\chi_0$ . При цьому вимірювальна комірка не відключається від схеми, що важливо для забезпечення її режиму роботи.

Значення вихідного сигналу, відповідне опорному значенню параметра, прийме вигляд:

$$N_0 = \frac{K_{АЦП} \cdot U_0}{\frac{1}{R_0 + R_d} \cdot K_{ВЧФ} \cdot K_{ДИФ}} \quad (6)$$

$$\chi_0 = \frac{1}{R_0}$$

де

Поточне значення опорного вихідного сигналу  $N_0$  за допомогою мікропроцесора 7 фіксується. Після чого формується значення провідності рідини, що вимірюється, шляхом ділення значення (5) на значення (6):

$$N_{\chi_{изм}} = \frac{\chi_{изм}}{\chi_0} \quad (7)$$

звідки видно, що стабільність отриманого значення залежить лише тільки від стабільності опорного резистора  $R_0$  і конструктивної постійної самого датчика, яка властива і прототипу, але не залежить від параметрів вторинного перетворювача.

Запропоноване технічне рішення забезпечує також збільшення точності перетворення не тільки електричної провідності рідини, що вельми доцільно в океанографії, але і інших гідрофізичних параметрів, первинні перетворювачі яких принципово дозволяють підключити себе в той же струмовий ланцюг, що і первинний перетворювач провідності рідини 1, з виконанням диференціального мультиплексора 6 n-канальним, при  $n > 2$ . Наприклад, для перетворення температури (або тиску) в цифровий код з підвищеною точністю в перетворювач послідовно з резистором  $R_0$  може бути додатково введений терморезистор  $R_t$  (або тензорезистор), виконаний конструктивно у вигляді первинного перетворювача, до інформаційних виводів якого підключена n-а пара входів диференціального мультиплексора 6. Структура цифрового перетворювача в цьому режимі відрізняється від зображеної на фіг.5 лише тим, що замість сигналу з інформаційних виводів первинного перетворювача провідності рідини до входу вторинного вимірювального перетворювача підключається сигнал з інформаційних виводів одного з первинних перетворювачів

додаткового гідрофізичного параметра, а замість структурного блоку з коефіцієнтом передачі  $\frac{1}{R_0 + R_d}$

застосований структурний блок з коефіцієнтом передачі  $\frac{1}{R_0 + R_d + R_{t^0} + \dots}$ . При інших рівних умовах, виміряне значення вихідного сигналу, наприклад, температури, після корекції прийме вигляд:

$$N_{t^0} = \frac{R_0}{R_{t^0}} \quad (8)$$

Використовуючи цей прийом з отриманою можливістю нарощувати струмовий ланцюг, що складається з первинних вимірювальних перетворювачів, можна зробити висновок, що отримана структурна схема буде містити загальний для всіх параметрів, що вимірюються, блок з коефіцієнтом передачі

$\frac{1}{R_0 + R_d + R_{t^0} + \dots + R_x}$ , де  $R_x$  - останній первинний вимірювальний перетворювач в струмовому ланцюзі регулятора струму. Вплив цього блоку після обробки сигналів в мікропроцесорі зникне так само, як і вплив інших коефіцієнтів передачі вторинного вимірювального перетворювача.

До пристрою можна підключати не тільки триелектродний первинний перетворювач електричної провідності рідини, але і з великою кількістю електродів, що додає йому якість універсальності.

Достоїнством даного цифрового перетворювача є також можливість його багатоканальної реалізації при використанні одного і того ж вторинного перетворювача, тобто без погіршення точності, ускладнення схеми і збільшення габаритів вимірювального комплексу.

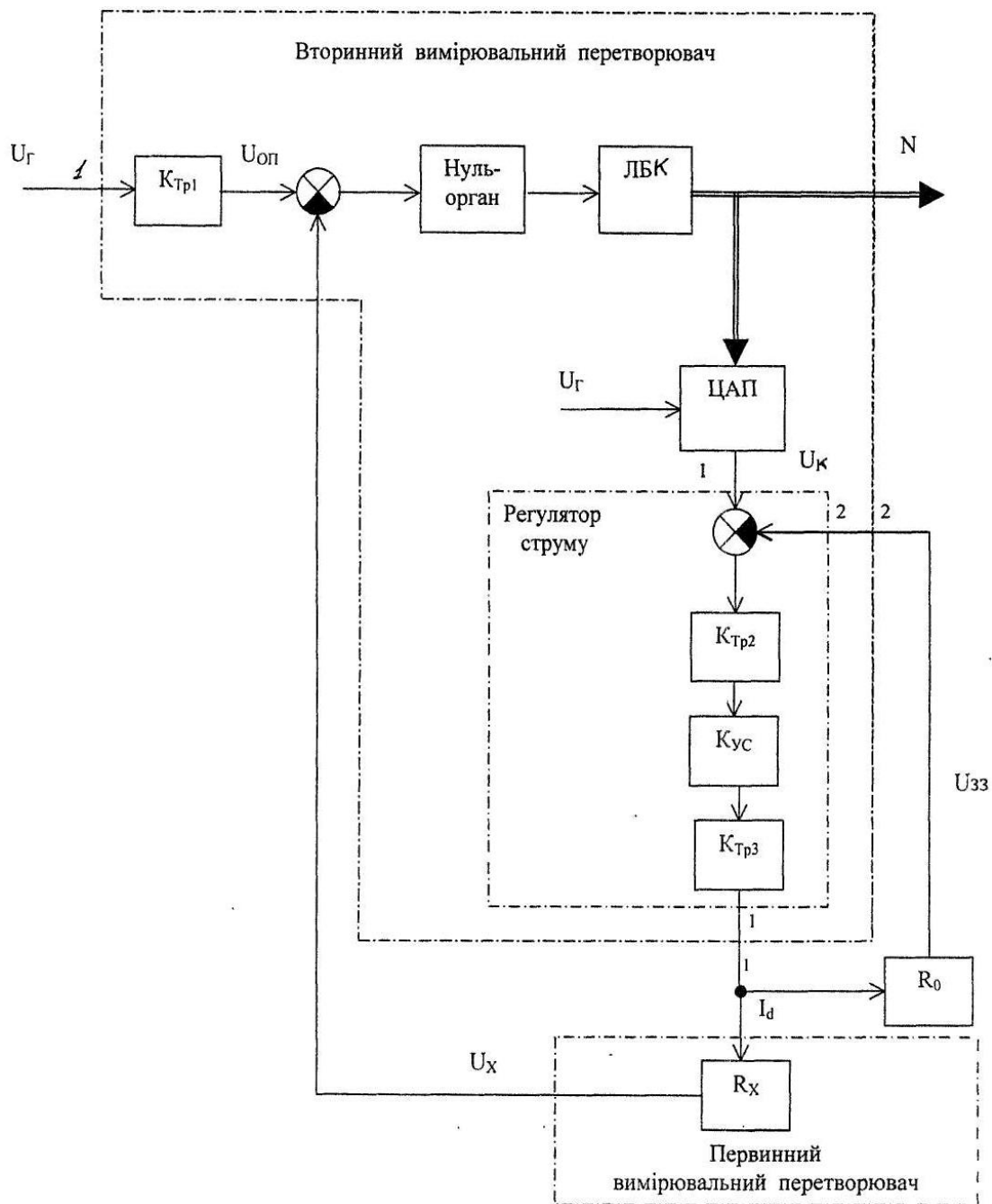
Як правило, для зменшення впливу коефіцієнта передачі вторинного вимірювального перетворювача на похибку всього перетворювача його охоплюють негативним зворотним зв'язком, в структуру якого

входять термоне залежні елементи (термостабільний резистор  $R_0$  в перетворювачі код-сигнал зворотного зв'язку [9], трансформаторний ПЧН), а елементом порівняння служить трансформатор. Однак, як показав досвід організації - заявника цього винаходу (Спеціального конструкторсько-технологічного бюро Морського гідрофізичного інституту АН УССР), застосування таких структур в сучасних багатоканальних пристроях (зонд "Исток-7") вимагає повторення їх по кожному каналу, що приводить до ускладнення і збільшення габаритів гідрофізичних комплексів. Заявлений пристрій вирішує цю проблему принципово іншим шляхом.

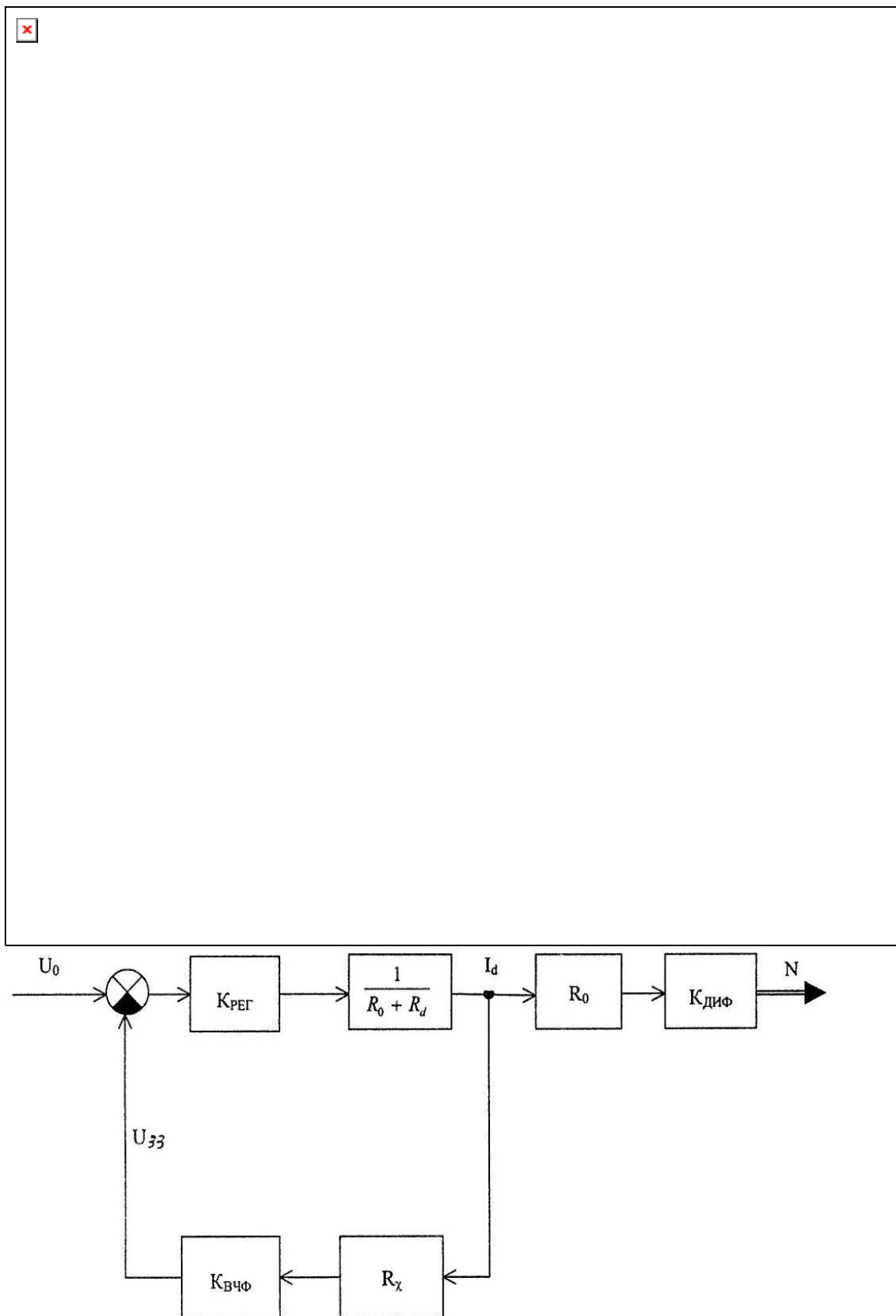
Метод перетворення гідрофізичних величин, запропонований в даному пристрої, дозволяє більш ефективно використати можливості мікропроцесорної техніки, що впроваджується останнім часом в океанографічних комплексах.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

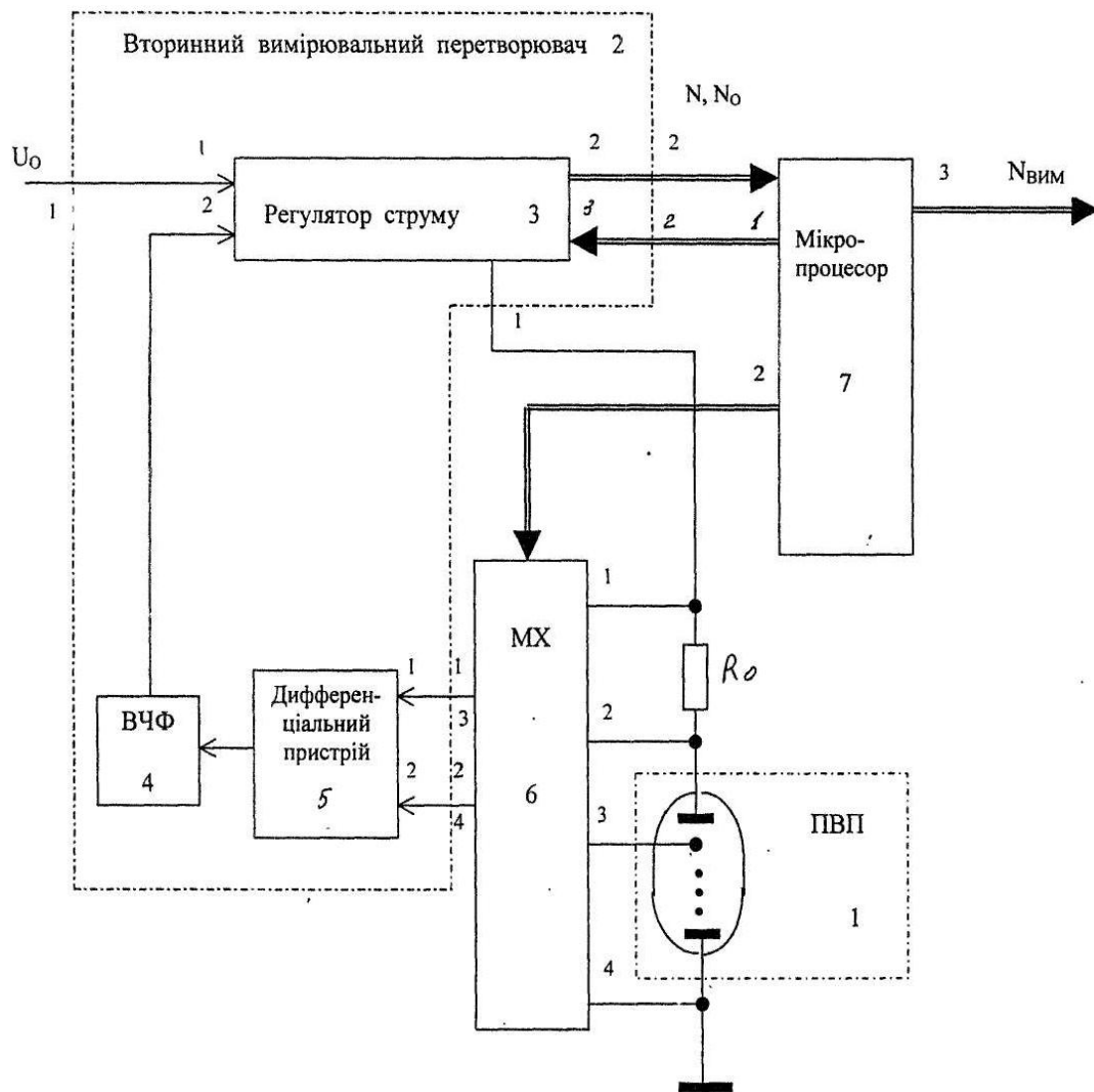
1. Цифровой измерительный преобразователь электрической проводимости жидкости. А.С. СССР №1531027, бюл. №47 от 23.12.89.
2. Ковчин И.С. Автономные океанографические средства измерений. Ленинград, Гидрометеиздат, 1991г. - прототип.
3. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы. Справочник. Москва, "Радио и связь", 1927.
4. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., Ленинград, Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1988.
5. Design-in reference manual, Analog Devices, Inc., 2000.
6. Linewr Products, Burr-Brown, 1996/1997.
7. Хоровиц П., Хилл У., Искусство схемотехники, 1 и 2 т., Москва, "Мир", 1986.
8. Щербаков В.И., Грездов Г.И. Электронные схемы на операционных усилителях. Справочник. Киев, "Техника", 1983.
9. А.С. СССР №1499198, 1989г., бюл. №29.



Фіг. 1 (аналог 1)

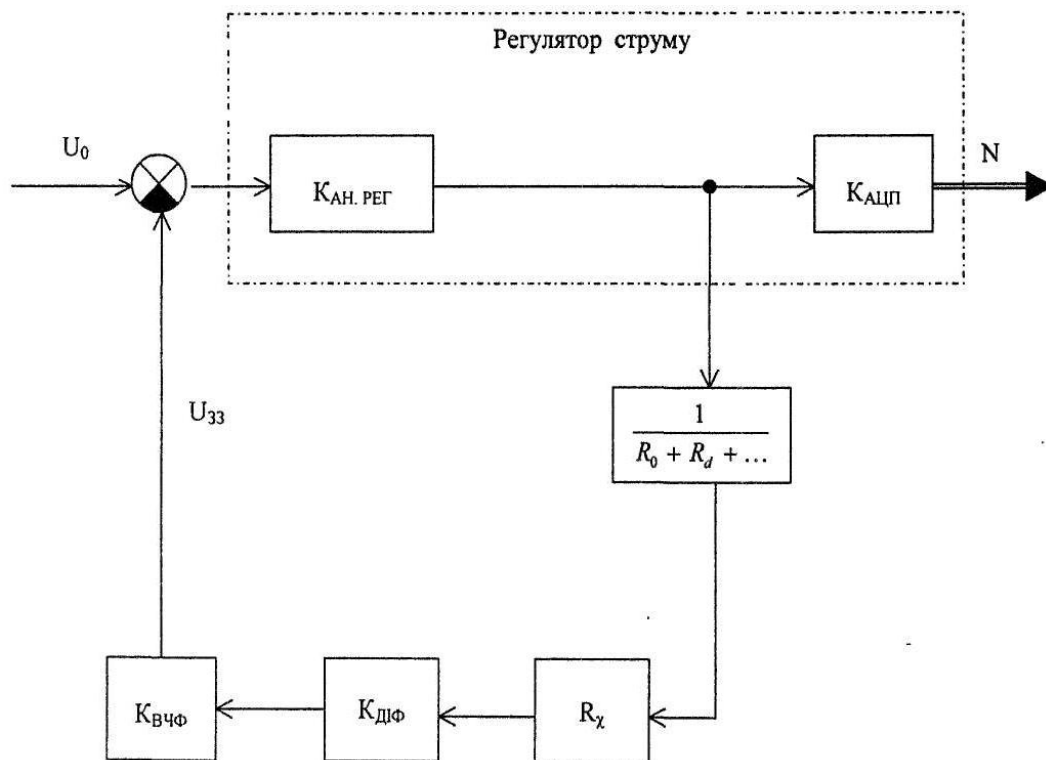


Фиг. 3 (прототип)



Фіг. 4





Фиг. 5