



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122417** (13) **U**
(51) МПК
G21C 17/035 (2006.01)
G01F 23/22 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 06248	(72) Винахідник(и): Кондратенко Юрій Пантелійович (UA), Козлов Олексій Валерійович (UA), Кондратенко Галина Володимирівна (UA), Коробко Олексій Володимирович (UA), Топалов Андрій Миколайович (UA), Герасін Олександр Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.06.2017	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.01.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2018, Бюл.№ 1	(73) Власник(и): ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, 54003 (UA)

(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИНИ З РОЗПОДІЛЕНИМ ПО ВИСОТІ РЕЗЕРВУАРА ДИСКРЕТНИМ САМОТЕСТУВАННЯМ ТА КОМПЕНСАЦІЄЮ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ

(57) Реферат:

Спосіб автоматичного контролю рівня рідини з розподіленим по висоті резервуара дискретним самотестуванням та компенсацією похибки вимірювання, згідно з яким у робочому просторі резервуара встановлюють гідростатичний датчик тиску та принаймні три дискретні датчики фіксованого рівня на відповідній фіксованій відстані один від одного по висоті резервуара, здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів та на основі даних сигналів гідростатичним методом визначають поточне значення рівня рідини в резервуарі. При цьому для електричних сигналів, що відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, обчислюють сигнал середньоарифметичного значення та для компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску за допомогою суматора додають сигнал середньоарифметичного значення до електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску, а результуючий вихідний сигнал суматора, що відповідає реальному поточному значенню рівня рідини у резервуарі з врахуванням компенсації похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску, надсилають на пристрій відображення інформації.

UA 122417 U

Корисна модель належить до вимірювальної техніки й може бути використана при проектуванні систем автоматичного контролю рівня рідини в резервуарах різнотипного призначення.

Відомо про способи вимірювання та автоматичного контролю рівня рідких та сипучих середовищ в різнотипних резервуарах, які базуються на розміщенні в резервуарах поплавкових, емнісних, ультразвукових, радарних та ротаційних датчиків рівня, датчиків тиску і термочутливих датчиків, а також на подальшій реєстрації електричних сигналів, що надходять від датчиків, та визначенні поточного значення рівня продукту у відповідному резервуарі. Прикладом такого способу є спосіб автоматичного контролю рівня рідини в резервуарах з дискретним самотестуванням [Патент України № 102167 U, G01F 23/00, заявл. 23.02.2015, опубл. 26.10.2015]. Згідно з даним способом у робочому просторі резервуара встановлюють два вимірювачі на відповідній фіксованій відстані один від одного по висоті резервуара та здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів, причому перший вимірювач виконують у вигляді гідростатичного датчика тиску, а другий - у вигляді дискретного датчика фіксованого рівня, який встановлюють вище першого вимірювача. Значення рівня рідини в резервуарі, в свою чергу, визначають гідростатичним методом на основі реєстрованих електричних сигналів гідростатичного датчика тиску. При цьому в кожний момент спрацювання (включення/вимкнення) дискретного датчика фіксованого рівня здійснюють порівняння електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску і відповідає поточному значенню рівня рідини в резервуарі, з електричним сигналом, що відповідає фіксованому значенню рівня, на якому встановлений дискретний датчик. Після цього формують електричний сигнал, відповідний значенню похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску, при перевищенні яким максимального порогового значення сигналізують про несправність гідростатичного датчика тиску.

Такий спосіб має наступні проблеми:

- низька ефективність процедури самотестування в достатньо великих по висоті резервуарах через застосування лише одного дискретного датчика фіксованого рівня для перевірки точності та справності гідростатичного датчика тиску;
- низька надійність та точність вимірювання значення рівня при відсутності проведення самотестувальних процедур на всьому діапазоні вимірювання рівня, викликана тим, що гідростатичний датчик тиску може мати нелінійні вихідні характеристики, а його похибка вимірювання може змінюватися в залежності від поточного значення рівня рідини в резервуарі;
- низька інформативність та точність вимірювання поточного значення рівня через відсутність врахування компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску, що визначається за допомогою дискретного датчика фіксованого рівня під час самотестувальних процедур.

Найбільш близьким до запропонованого, є спосіб автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням [Патент України № 113880 U, G21C 17/035, G01F 23/22, заявл. 08.04.2016, опубл. 27.02.2017], що прийнятий як прототип. Згідно з даним способом у робочому просторі резервуара встановлюють принаймні чотири вимірювачі на відповідній фіксованій відстані один від одного по висоті резервуара та здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів. В свою чергу, перший вимірювач виконують у вигляді гідростатичного датчика тиску, а другий, третій та четвертий - у вигляді першого, другого та третього дискретних датчиків фіксованого рівня, причому перший дискретний датчик фіксованого рівня встановлюють вище гідростатичного датчика тиску, другий дискретний датчик фіксованого рівня встановлюють вище першого дискретного датчика, а третій дискретний датчик встановлюють вище другого дискретного датчика фіксованого рівня по висоті резервуара. Значення рівня рідини в резервуарі, в свою чергу, визначають гідростатичним методом на основі реєстрованих електричних сигналів гідростатичного датчика тиску. При цьому в кожний момент спрацювання (включення/вимкнення) першого, другого або третього дискретних датчиків фіксованого рівня здійснюють порівняння електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску і відповідає поточному значенню рівня рідини в резервуарі, з електричним сигналом, що відповідає фіксованому значенню рівня, на якому встановлений відповідний дискретний датчик, що спрацьовує в конкретний момент часу при завантаженні/розвантаженні резервуара з рідиною. Після цього формують електричні сигнали, що відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, при перевищенні будь-яким з сигналів похибки попередньо встановленого максимального порогового значення сигналізують про несправність гідростатичного датчика тиску.

Такий спосіб має наступну проблему:

- низька інформативність та точність вимірювання поточного значення рівня рідини в резервуарі через відсутність проведення процедур компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску, що визначається під час самотестувальних процедур за допомогою першого, другого та третього дискретних датчиків фіксованого рівня, встановлених по висоті резервуара.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням шляхом підвищення інформативності та точності вимірювання поточного значення рівня рідини в резервуарі за рахунок здійснення компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску, що визначається за допомогою першого, другого та третього дискретних датчиків фіксованого рівня, встановлених по висоті резервуара, під час самотестувальних процедур.

Поставлена задача вирішується тим, що при реалізації способу автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням та компенсацією похибки вимірювання, згідно з яким у робочому просторі резервуара встановлюють гідростатичний датчик тиску та принаймні три дискретні датчики фіксованого рівня на відповідній фіксованій відстані один від одного по висоті резервуара, здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів та на основі даних сигналів гідростатичним методом визначають поточне значення рівня рідини в резервуарі, причому перший дискретний датчик фіксованого рівня встановлюють вище гідростатичного датчика тиску, другий дискретний датчик фіксованого рівня встановлюють вище першого дискретного датчика фіксованого рівня, а третій дискретний датчик фіксованого рівня - вище другого дискретного датчика, в кожний момент спрацьовування (вмикання/вимкнення) першого, другого, або третього дискретних датчиків фіксованого рівня здійснюють порівняння електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску і відповідає поточному значенню рівня рідини в резервуарі, з електричним сигналом, що відповідає фіксованому значенню рівня, на якому встановлений відповідний дискретний датчик, що спрацьовує в конкретний момент часу при завантаженні/розвантаженні резервуара рідиною, та формують електричні сигнали, що відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, при перевищенні будь-яким з сигналів похибки попередньо встановленого максимального порогового значення сигналізують про несправність гідростатичного датчика тиску, згідно з пропозицією для електричних сигналів, що відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, обчислюють сигнал середньоарифметичного значення та для компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску за допомогою суматора додають сигнал середньоарифметичного значення до електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчику тиску, а результуючий вихідний сигнал суматора, що відповідає реальному поточному значенню рівня рідини у резервуарі з врахуванням компенсації похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску, надсилають на пристрій відображення інформації.

Винахідницький задум полягає в тому, що спосіб автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням та компенсацією похибки вимірювання дозволяє визначати поточне значення рівня на основі реєстрованого електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску, проводити його діагностичне тестування по всій висоті резервуара за допомогою встановлених в ньому дискретних датчиків фіксованого рівня та водночас здійснювати компенсацію похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску, що визначається під час самотестувальних процедур. При цьому суттєво підвищується інформативність та точність вимірювання рівня рідини в достатньо великих за висотою резервуарах за рахунок проведення процедур компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску, що визначається під час самотестувальних процедур за допомогою дискретних датчиків фіксованого рівня на всьому діапазоні вимірювання рівня.

Суть запропонованого способу пояснюється за допомогою фігур 1, 2.

На фігурі 1 наведено схематичне зображення резервуара зі встановленими в ньому гідростатичним датчиком тиску та дискретними датчиками фіксованого рівня; на фігурі 2 наведено часові діаграми процесів заповнення і спустошення резервуара та вимірювальних процесів у вигляді сигналів всіх датчиків.

На фігурі 1 прийнято наступні позначення: ДТ - гідростатичний датчик тиску; ДД1, ДД2, ДД3 - перший, другий та третій дискретні датчики фіксованого рівня; $L_{\phi 1}$, $L_{\phi 2}$, $L_{\phi 3}$ - певні фіксовані

значення рівня, на яких встановлені перший ДД1, другий ДД2 та третій ДД3 дискретні датчики в резервуарі; L_p - реальне значення рівня рідини в резервуарі.

Гідростатичний датчик тиску ДТ встановлюють в боковій стінці резервуара якомога ближче до його днища (фіг. 1). Дискретні датчики фіксованого рівня встановлюють в боковій стінці резервуара рівномірно по його висоті наступним чином: перший дискретний датчик ДД1 встановлюють вище гідростатичного датчика тиску ДТ на певному фіксованому значенні рівня $L_{\phi 1}$, другий дискретний датчик ДД2, в свою чергу, встановлюють вище першого дискретного датчика ДД1 на певному фіксованому значенні рівня $L_{\phi 2}$, а третій дискретний датчик ДД3 встановлюють вище другого дискретного датчика ДД2 на певному фіксованому значенні рівня $L_{\phi 3}$.

На фігурі 2 прийнято наступні позначення: $L_{\max}$ - максимально допустиме значення рівня заповнення резервуара; L_{DT} - значення рівня рідини в резервуарі, яке визначають за допомогою гідростатичного датчика тиску ДТ; $\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$ - значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ, які визначають при спрацюванні (включенні/вимкненні) першого ДД1, другого ДД2 та третього ДД3 дискретних датчиків фіксованого рівня, відповідно, згідно з залежністю

$$\Delta L_j = |L_p - L_{DT}|, (j = 1, 2, 3);$$

$u_{DD1}, u_{DD2}, u_{DD3}$ - сигнали спрацювання першого ДД1, другого ДД2 та третього ДД3 дискретних датчиків фіксованого рівня, відповідно; $\Delta L_{\max}$ - максимально допустиме значення похибки вимірювання рівня рідини в резервуарі; u_H - сигнал, що сигналізує про несправність гідростатичного датчика тиску ДТ; $\Delta L_{C.A.}$ - середньоарифметичне значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ, визначених за допомогою першого ДД1, другого ДД2 та третього ДД3 дискретних датчиків фіксованого рівня під час самотестувальних процедур при наповненні або спустошенні резервуара, яке розраховують в кожний момент спрацювання (включення/вимкнення) першого ДД1, другого ДД2, або третього ДД3 дискретних датчиків фіксованого рівня окремо для процесів наповнення або спустошення резервуара згідно з залежністю

$$\Delta L_{C.A.} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{j_{\Sigma}},$$

де j_{Σ} - кількість дискретних датчиків фіксованого рівня, що спрацювали при наповненні або спустошенні резервуара, $j_{\Sigma} \in \{1, 2, 3\}$; L_K - реальне поточне значення рівня рідини у резервуарі з врахуванням компенсації похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ, яке розраховують за допомогою суматора згідно з залежністю

$$L_K = L_{DT} + \Delta L_{C.A.};$$

t_1 - момент часу в процесі заповнення резервуара, в який рівень рідини досягає фіксованого значення $L_{\phi 1}$ гідростатичний датчик тиску ДТ і перший дискретний датчик фіксованого рівня ДД1 формують вихідні сигнали, аналіз яких свідчить про справність (коректну роботу) гідростатичного датчика тиску, оскільки $\Delta L_1 < \Delta L_{\max}$, а середньоарифметичне значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ складає при $j_{\Sigma} = 1$:

$$\Delta L_{C.A.} = \frac{\Delta L_1 + 0 + 0}{1} = \Delta L_1;$$

t_2 - момент часу в процесі заповнення резервуара, в який рівень рідини досягає фіксованого значення $L_{\phi 2}$, гідростатичний датчик тиску ДТ і другий дискретний датчик фіксованого рівня ДД2 формують вихідні сигнали, аналіз яких свідчить про справність (коректну роботу) гідростатичного датчика тиску, оскільки $\Delta L_2 < \Delta L_{\max}$, а середньоарифметичне значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ складає при $j_{\Sigma} = 2$:

$$\Delta L_{C.A.} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + 0}{2} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{2};$$

t_3 - момент часу в процесі заповнення резервуара, в який рівень рідини досягає фіксованого значення $L_{\phi 2}$, гідростатичний датчик тиску ДТ і третій дискретний датчик фіксованого рівня ДДЗ формують вихідні сигнали, аналіз яких свідчить про справність (коректну роботу) гідростатичного датчика тиску, оскільки $\Delta L_3 < \Delta L_{\max}$, а середньоарифметичне значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ складає при $j_{\Sigma} = 3$:

$$\Delta L_{C.A.} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3};$$

t_4 - момент часу, в який рівень рідини досягає максимально допустимого значення $\Delta L_{\max}$, і закінчується процес заповнення резервуара; t_5 - момент часу, в який починається процес спустошення резервуара; t_6 - момент часу в процесі спустошення резервуара, в який рівень рідини переходить фіксоване значення $L_{\phi 3}$, гідростатичний датчик тиску ДТ і третій дискретний датчик фіксованого рівня ДДЗ формують вихідні сигнали, аналіз яких свідчить про справність (коректну роботу) гідростатичного датчика тиску, оскільки $\Delta L_3 < \Delta L_{\max}$, а середньоарифметичне значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ складає при $j_{\Sigma} = 1$:

$$\Delta L_{C.A.} = \frac{0 + 0 + \Delta L_3}{1} = \Delta L_3;$$

t_7 - момент часу в процесі спустошення резервуара, в який рівень рідини переходить фіксоване значення $L_{\phi 2}$, при цьому гідростатичний датчик тиску ДТ і другий дискретний датчик фіксованого рівня ДД2 формують вихідні сигнали, аналіз яких свідчить про несправність (некоректну роботу) гідростатичного датчика тиску, оскільки $\Delta L_2 < \Delta L_{\max}$, а середньоарифметичне значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ складає при $j_{\Sigma} = 2$:

$$\Delta L_{C.A.} = \frac{0 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{2} = \frac{\Delta L_2 + \Delta L_3}{2}$$

t_8 - момент часу в процесі спустошення резервуара, в який рівень рідини переходить фіксоване значення $L_{\phi 1}$, при цьому гідростатичний датчик тиску ДТ і перший дискретний датчик фіксованого рівня ДД1 формують вихідні сигнали, аналіз яких свідчить про справність (коректну роботу) гідростатичного датчика тиску, оскільки $\Delta L_1 < \Delta L_{\max}$, а середньоарифметичне значення похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ складає при $j_{\Sigma} = 3$:

$$\Delta L_{C.A.} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3}$$

t_9 - момент часу, в який закінчується процес спустошення резервуара, і його рівень стає рівним нулю ($L_p = 0$); t_i - i -й дискретний момент часу в часовому діапазоні функціонування резервуара; t_{i+1} - $(i+1)$ -й дискретний момент часу в часовому діапазоні функціонування резервуара; Δt - крок дискретизації.

Згідно з часовими діаграмами (фіг. 2) в моменти часу $t = 0$ та $t = t_9$ рівень рідини в резервуарі дорівнює нулю ($L_p = 0$). На інтервалі часу від 0 до t_4 відбувається процес заповнення резервуара, при якому рівень рідини зростає від 0 до $L_{\max}$. При цьому в момент часу t_1 при досягненні фіксованого значення рівня $L_{\phi 1}$ перший дискретний датчик фіксованого

рівня ДД1 спрацьовує (вмикається), і його вихідний сигнал стає рівним одиниці ($u_{\text{ДД1}} = 1$). В свою чергу, в момент часу t_2 при досягненні фіксованого значення рівня $L_{\phi 2}$ другий дискретний датчик фіксованого рівня ДД2 вмикається, і його вихідний сигнал стає рівним одиниці ($u_{\text{ДД2}} = 1$). В момент часу t_3 при досягненні фіксованого значення рівня $L_{\phi 3}$ третій дискретний датчик фіксованого рівня ДД3 вмикається, і його вихідний сигнал стає рівним одиниці ($u_{\text{ДД3}} = 1$). На інтервалі часу від t_4 до t_5 рівень рідини в резервуарі не змінюється і дорівнює максимально допустимому значенню ($L_p = L_{\text{max}}$). В свою чергу, процес спустошення резервуара, при якому рівень рідини зменшується від L_{max} до 0, проходить на інтервалі часу від t_5 до t_9 . При цьому в момент часу t_6 при переході рівня рідини через фіксоване значення $L_{\phi 3}$ третій дискретний датчик фіксованого рівня ДД3 вимикається, і його вихідний сигнал стає рівним нулю ($u_{\text{ДД3}} = 0$). В свою чергу, в момент часу t_7 при переході рівня рідини через фіксоване значення $L_{\phi 2}$ другий дискретний датчик фіксованого рівня ДД2 вимикається, і його вихідний сигнал стає рівним нулю ($u_{\text{ДД2}} = 0$). В момент часу t_8 при переході рівня рідини через фіксоване значення $L_{\phi 1}$ перший дискретний датчик фіксованого рівня ДД1 вимикається і його вихідний сигнал стає рівним нулю ($u_{\text{ДД1}} = 0$). Крім того, в моменти часу t_1, t_2, t_3, t_6, t_7 та t_8 розраховують середньоарифметичне значення похибок вимірювання $\Delta L_{\text{C.A.}}$ гідростатичного датчика тиску ДТ згідно з залежністю

$$\Delta L_{\text{C.A.}} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{j_{\Sigma}}.$$

Реальне поточне значення рівня рідини у резервуарі L_K з врахуванням компенсації похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ, в свою чергу, розраховують в кожний i -й дискретний момент часу на всьому інтервалі часу від 0 до t_9 за допомогою суматора згідно з залежністю

$$L_K = L_{\text{ДТ}} + \Delta L_{\text{C.A.}}.$$

Для реалізації запропонованого способу автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням та компенсацією похибки вимірювання у робочому просторі резервуара встановлюють гідростатичний датчик тиску ДТ, а також три дискретних датчика фіксованого рівня рівномірно по висоті резервуара наступним чином: гідростатичний датчик тиску ДТ - в боковій стінці резервуара якомога ближче до його днища, перший дискретний датчик ДД1 - вище гідростатичного датчика тиску ДТ на певному фіксованому значенні рівня $L_{\phi 1}$, другий дискретний датчик ДД2 - вище першого дискретного датчику ДД1 на певному фіксованому значенні рівня $L_{\phi 2}$ а третій дискретний датчик ДД3 - вище другого дискретного датчика ДД2 на певному фіксованому значенні рівня $L_{\phi 3}$ (фіг. 1).

Суть запропонованого способу автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням та компенсацією похибки вимірювання полягає в наступному.

Електричний сигнал, що надходить від гідростатичного датчика тиску ДТ, безперервно вимірюють та реєструють на всьому інтервалі часу від 0 до t_9 . Поточне значення рівня рідини в резервуарі $L_{\text{ДТ}}(t_i)$ в кожний i -й дискретний момент часу, в свою чергу, визначають на основі даного сигналу, згідно з залежністю

$$L_{\text{ДТ}}(t_i) = \frac{P_{\text{ДТ}}(t_i)}{\rho_p g},$$

де $t_i (i = 1, 2, \dots)$ - i -й дискретний момент часу в часовому діапазоні функціонування резервуара, який змінюється згідно з кроком дискретизації $\Delta t, (t_{i+1} = t_i + \Delta t)$; $P_{\text{ДТ}}(t_i)$ - поточне

значення гідростатичного тиску стовпа рідини, що визначається за допомогою гідростатичного датчика ДТ; ρ_p - густина робочої рідини в резервуарі; g - прискорення вільного падіння.

В моменти часу t_1, t_2, t_3, t_6, t_7 та t_8 (фіг. 2) при переході рівня рідини через фіксовані значення $L_{\phi 1}, L_{\phi 2}, L_{\phi 3}$ та спрацьовуванні відповідних дискретних датчиків фіксованого рівня

5 ДД1, ДД2, ДД3
 $(u_{\text{ДД1}} = 0 \rightarrow u_{\text{ДД1}} = 1 \text{ або } u_{\text{ДД1}} = 1 \rightarrow u_{\text{ДД1}} = 0; u_{\text{ДД2}} = 0 \rightarrow u_{\text{ДД2}} = 1 \text{ або } u_{\text{ДД2}} = 1 \rightarrow u_{\text{ДД2}} = 0; u_{\text{ДД3}} = 0 \rightarrow u_{\text{ДД3}} = 1 \text{ або } u_{\text{ДД3}} = 1 \rightarrow u_{\text{ДД3}} = 0)$

здійснюють порівняння реєстрованого електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску ДТ і відповідає поточному значенню рівня рідини в резервуарі $L_{\text{ДТ}}(t_i)$, з електричним сигналом, що відповідає фіксованому значенню рівня $L_{\phi j}$, на якому

10 встановлений відповідний дискретний датчик ДД/ ($j = 1, 2, 3$), що спрацьовує в конкретний момент часу при завантаженні/розвантаженні резервуара з рідиною. На основі порівняння вищенаведених сигналів формують електричний сигнал, що відповідає значенню похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску $L_j(t_i)$, яке розраховують за формулою

$$L_j(t_i) = |L_{\phi j} - L_{\text{ДТ}}(t_i)|, (j = 1, 2, 3).$$

15 За умови $L_j(t_i) \leq \Delta L_{\text{max}}$, наприклад в моменти часу t_1, t_2, t_3, t_6, t_8 (фіг. 2), тобто при не перевищенні сигналів, відповідних $\Delta L_1(t_1), \Delta L_2(t_2), L_3(t_3), \Delta L_3(t_6)$ та $\Delta L_1(t_8)$, максимального порогового значення, що відповідає максимально допустимому значенню похибки вимірювання рівня рідини в резервуарі ΔL_{max} , сигнал u_H , що сигналізує про несправність гідростатичного датчика тиску ДТ, залишають на нульовому рівні ($u_H = 0$), що в результаті самотестування

20 свідчить про коректну роботу (справність) гідростатичного датчика тиску ДТ.

За умови $L_j(t_i) > \Delta L_{\text{max}}$, ($j = 1, 2, 3$), наприклад в момент часу t_7 (фіг. 2), тобто при перевищенні сигналом, відповідним $L_2(t_7)$, максимального порогового значення, що відповідає максимально допустимому значенню похибки вимірювання рівня рідини в резервуарі ΔL_{max} , сигналізують в результаті самотестування ($u_H = 1$) про несправність (некоректну роботу)

25 гідростатичного датчика тиску ДТ.

Крім того, при наповненні резервуара в моменти часу t_1, t_2 та t_3 (фіг. 2) при переході рівня рідини через фіксовані значення $L_{\phi 1}, L_{\phi 2}, L_{\phi 3}$ та спрацьовуванні відповідних дискретних датчиків фіксованого рівня ДД1, ДД2, ДД3 ($u_{\text{ДД1}} = 0 \rightarrow u_{\text{ДД1}} = 1; u_{\text{ДД2}} = 0 \rightarrow u_{\text{ДД2}} = 1; u_{\text{ДД3}} = 0 \rightarrow u_{\text{ДД3}} = 1$) для електричних сигналів, що

30 відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску $\Delta L_1(t_1), \Delta L_2(t_2), \Delta L_3(t_3)$ на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{\text{C.A.}}(t_i)$ гідростатичного датчика тиску ДТ, яке розраховують за формулою

$$35 \quad \Delta L_{\text{C.A.}}(t_i) = \frac{\Delta L_1(t_1) + \Delta L_2(t_2) + \Delta L_3(t_3)}{j_{\Sigma}}.$$

Тобто, в момент часу t_1 обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{\text{C.A.}}(t_1)$, яке складає при $j_{\Sigma} = 1$:

$$\Delta L_{\text{C.A.}}(t_1) = \frac{\Delta L_1(t_1) + 0 + 0}{1} = L_1(t_1)$$

в момент часу t_2 , в свою чергу, обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_2)$, яке складає при $j_{\Sigma} = 2$:

$$\Delta L_{C.A.}(t_2) = \frac{\Delta L_1(t_1) + \Delta L_2(t_2) + 0}{2} = \frac{\Delta L_1(t_1) + \Delta L_2(t_2)}{2}$$

5 в момент часу t_3 обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_3)$, яке складає при $j_{\Sigma} = 3$:

$$\Delta L_{C.A.}(t_3) = \frac{\Delta L_1(t_1) + \Delta L_2(t_2) + \Delta L_3(t_3)}{3}.$$

Також при спустошенні резервуара в моменти часу t_6 , t_7 та t_8 (фіг. 2) при переході рівня рідини через фіксовані значення $L_{\phi 3}$, $L_{\phi 2}$, $L_{\phi 1}$ та спрацюванні відповідних дискретних датчиків фіксованого рівня ДДЗ, ДД2, ДД1 ($u_{\text{ДДЗ}} = 1 \rightarrow u_{\text{ДДЗ}} = 0$; $u_{\text{ДД2}} = 1 \rightarrow u_{\text{ДД2}} = 0$; $u_{\text{ДД1}} = 1 \rightarrow u_{\text{ДД1}} = 0$) для електричних сигналів, що відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску $\Delta L_3(t_6)$, $\Delta L_2(t_7)$, $L_1(t_8)$ на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_i)$ гідростатичного датчика тиску ДТ, яке розраховують за формулою

$$\Delta L_{C.A.}(t_i) = \frac{\Delta L_3(t_6) + \Delta L_2(t_7) + \Delta L_1(t_8)}{j_{\Sigma}}.$$

При цьому в момент часу t_6 при спрацюванні (вимкненні) дискретного датчика фіксованого рівня ДДЗ перед обчисленням нового сигналу середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_i)$ гідростатичного датчика тиску ДТ при спустошенні резервуара, попередньо обчислені електричні сигнали, що відповідають значенням похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску $\Delta L_1(t_1)$, $\Delta L_2(t_2)$, та $\Delta L_3(t_3)$ при наповненні резервуара встановлюють рівними нулю ($L_1(t_1) = 0$; $\Delta L_2(t_2) = 0$; $\Delta L_3(t_3) = 0$).

25 Тобто, в момент часу t_6 обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_6)$, яке складає при $j_{\Sigma} = 1$:

$$\Delta L_{C.A.}(t_6) = \frac{\Delta L_3(t_6) + 0 + 0}{1} = \Delta L_3(t_6),$$

30 в момент часу t_7 в свою чергу, обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_7)$, яке складає при $j_{\Sigma} = 2$:

$$\Delta L_{C.A.}(t_7) = \frac{\Delta L_3(t_6) + \Delta L_2(t_7) + 0}{2} = \frac{\Delta L_2(t_6) + \Delta L_3(t_7)}{2},$$

в момент часу t_8 обчислюють сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_8)$, яке складає при $j_{\Sigma} = 3$:

$$35 \quad \Delta L_{C.A.}(t_8) = \frac{\Delta L_1(t_6) + \Delta L_2(t_7) + \Delta L_3(t_8)}{3}.$$

При цьому для компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ в кожний i -й дискретний момент часу на всьому інтервалі часу від 0 до t_g за допомогою суматора додають сигнал середньоарифметичного значення, що відповідає середньоарифметичному значенню похибок вимірювання $\Delta L_{C.A.}(t_i)$ до електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску ДТ, та формують на виході суматора результуючий електричний сигнал (фіг. 2), відповідний реальному поточному значенню рівня рідини у резервуарі $L_K(t_i)$ з врахуванням компенсації похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску ДТ, що розраховують згідно з залежністю

$$L_K(t_i) = L_{DT}(t_i) + \Delta L_{C.A.}(t_i).$$

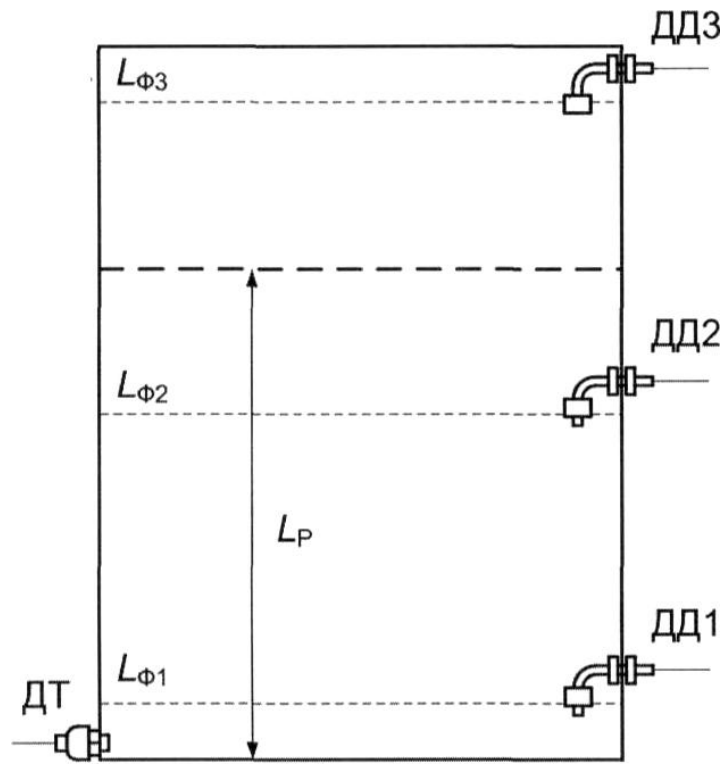
В свою чергу, результуючий вихідний електричний сигнал суматора, що відповідає реальному поточному значенню рівня рідини у резервуарі $L_K(t_i)$ з врахуванням компенсації похибок вимірювання, надсилають на пристрій відображення інформації.

Таким чином, в процесі експлуатації відповідного резервуара постійно здійснюють розподілене по висоті дискретне самотестування гідростатичного датчика тиску ДТ та компенсацію його похибки вимірювання, що відбувається в кожний момент спрацьовування (включення/вимкнення) першого ДД1, другого ДД2 або третього ДД3 дискретних датчиків фіксованого рівня.

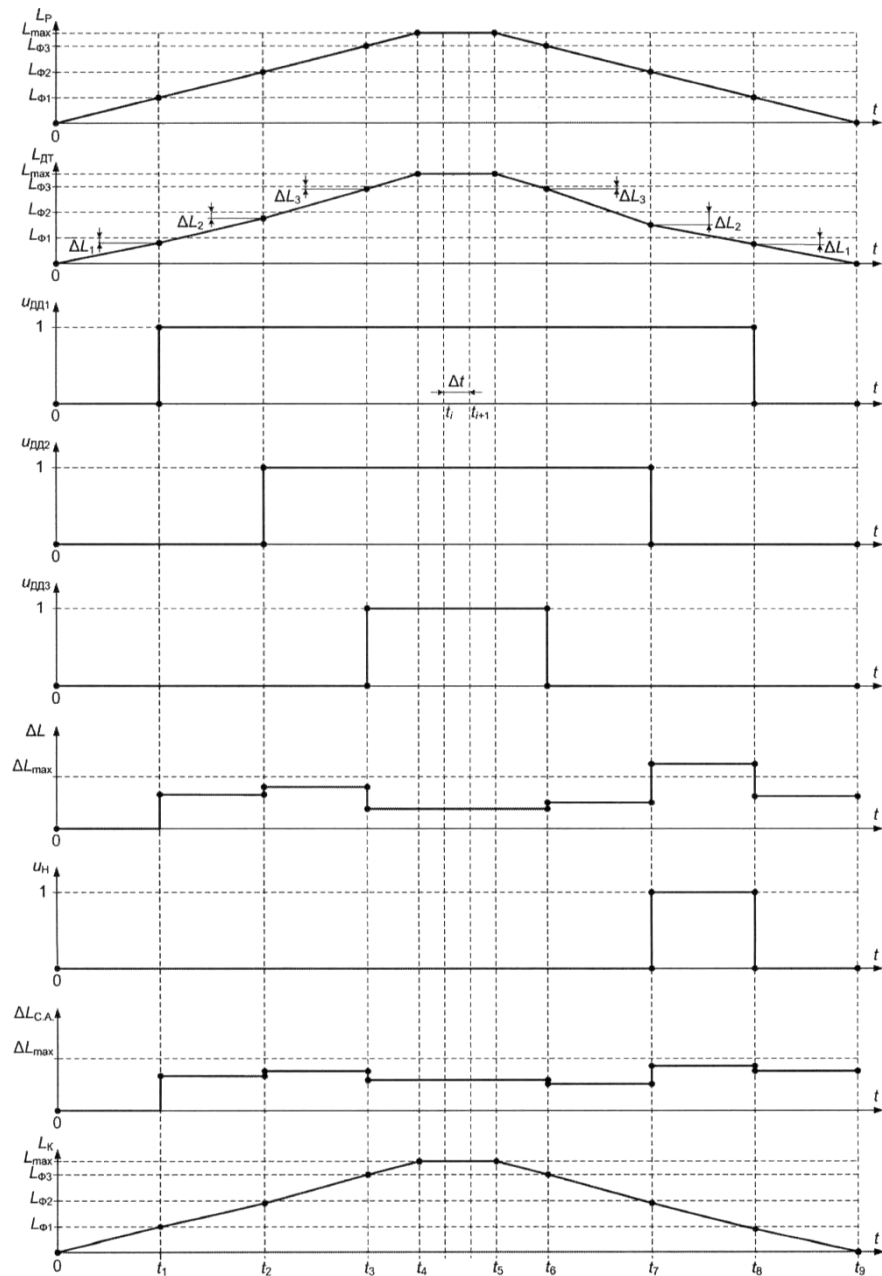
Позитивний ефект проявляється в тому, що в порівнянні зі способом-прототипом згідно з патентом України № 113880, даний спосіб автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням та компенсацією похибки вимірювання забезпечує підвищення інформативності та точності вимірювання поточного значення рівня рідини в резервуарі за рахунок здійснення компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску, що визначається за допомогою першого, другого та третього дискретних датчиків фіксованого рівня, встановлених по висоті резервуара, під час самотестувальних процедур.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб автоматичного контролю рівня рідини з розподіленням по висоті резервуара дискретним самотестуванням та компенсацією похибки вимірювання, згідно з яким у робочому просторі резервуара встановлюють гідростатичний датчик тиску та принаймні три дискретні датчики фіксованого рівня на відповідній фіксованій відстані один від одного по висоті резервуара, здійснюють одночасно неперервну реєстрацію їх електричних сигналів та на основі даних сигналів гідростатичним методом визначають поточне значення рівня рідини в резервуарі, причому перший дискретний датчик фіксованого рівня встановлюють вище гідростатичного датчика тиску, другий дискретний датчик фіксованого рівня встановлюють вище першого дискретного датчика фіксованого рівня, а третій дискретний датчик фіксованого рівня - вище другого дискретного датчика, в кожний момент спрацьовування (вмикання/вимкнення) першого, другого або третього дискретних датчиків фіксованого рівня здійснюють порівняння електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску і відповідає поточному значенню рівня рідини в резервуарі, з електричним сигналом, що відповідає фіксованому значенню рівня, на якому встановлений відповідний дискретний датчик, що спрацьовує в конкретний момент часу при завантаженні/розвантаженні резервуара рідиною, та формують електричні сигнали, що відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, при перевищенні будь-яким з сигналів похибки попередньо встановленого максимального порогового значення сигналізують про несправність гідростатичного датчика тиску, який **відрізняється** тим, що для електричних сигналів, що відповідають значенням похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску на кожному фіксованому рівні по висоті резервуара, де попередньо закріплені відповідні дискретні датчики, обчислюють сигнал середньоарифметичного значення та для компенсації похибки вимірювання гідростатичного датчика тиску за допомогою суматора додають сигнал середньоарифметичного значення до електричного сигналу, що надходить від гідростатичного датчика тиску, а результуючий вихідний сигнал суматора, що відповідає реальному поточному значенню рівня рідини у резервуарі з врахуванням компенсації похибок вимірювання гідростатичного датчика тиску, надсилають на пристрій відображення інформації.



Фиг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябо

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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