

Лекція 16. Вимірювання рівнів рідин

Вимірювання рівня рідини в резервуарах і баках необхідне для визначення її кількості. За принципом дії рівнеміри можна розділити на наступні групи:

- 1) електромеханічні, зокрема поплавкові і буйкові рівнеміри;
- 2) електричні, у яких рівень перетворюється в зміну ємності або електричного опору;
- 3) гідростатичні, у яких рівень визначають за показаннями тиску рідини на дні резервуара з наступним виміром різниці цього тиску з атмосферним за допомогою диференціального манометра.

Розглянемо деякі рівнеміри.

4.4.1. Поплавкові рівнеміри

Дані рівнеміри мають поплавок, що плаває на поверхні рідини і переміщується разом з переміщенням вимірюваного рівня. Таким чином, поплавок є первинним (чуттєвим) вимірювальним перетворювачем, що перетворює вимірюваний рівень рідини в переміщення. Для вимірювання цього переміщення використовуються вторинні вимірювальні перетворювачі: реостатний, індуктивний, трансформаторний або магнітострикційний.

Індуктивні або трансформаторні перетворювачі переміщення в електричний сигнал можуть використовуватися в поплавкових рівнемірах тільки при невеликих змінах вимірюваного рівня рідини.

На рис. 4.40 наведена схема поплавкового рівнеміра з реостатним перетворювачем. Зміна рівня рідини за допомогою поплавка 1 і важеля 2 перетвориться в зміну положення движка реостатного перетворювача 3. Це змінює співвідношення опорів у ланцюгах рамок логометра 4 змінює відношення струмів I_1 і I_2 в обмотках логометричного вимірювального механізму 4 і, отже, змінює відхилення α стрілки логометра, де

$$\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = f\left(\frac{R_{II} - \Delta R_{II} + R_{\wedge} + R_2 + R_{P2}}{\Delta R_{II} + R_{\wedge} + R_1 + R_{P1}}\right) \quad (4.113)$$

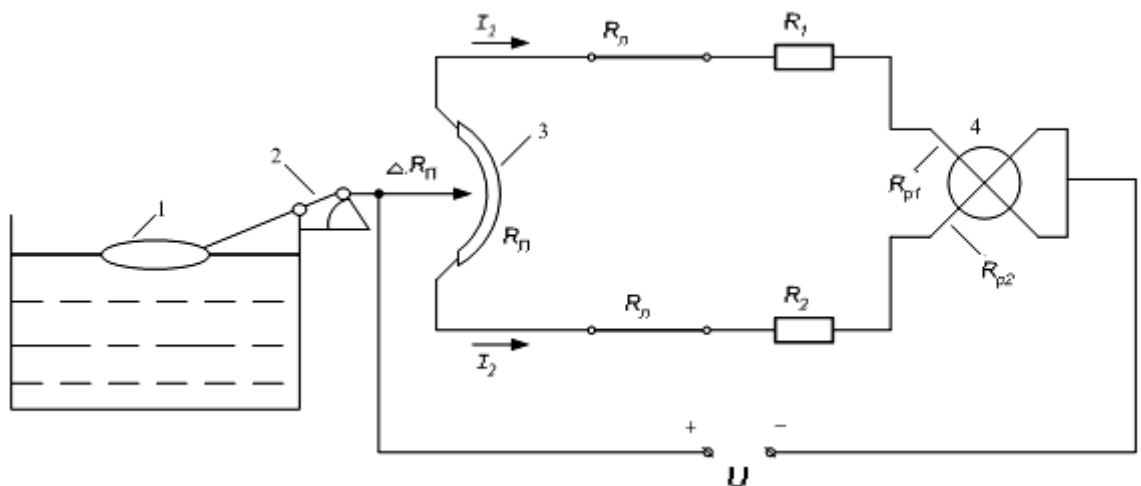


Рис.4.40

Резистори R_1 і R_2 використовуються для узгодження параметрів перетворювача і логометра з метою забезпечення заданого діапазону вимірів. Показання логометра градується в одиницях рівня або кількості рідини.

Розглянутий рівнемір використовується для вимірювання рівня палива в баках автомобілів.

імпульс надходить на підсилювач запису 8, а потім з його виходу на обмотку котушки 9 вхідного магніострикційного перетворювача 10, де в звукопроводі в зоні його прямого перетворення внаслідок прямого ефекту магніострикції виникає ультразвуковий імпульс. Цей ультразвуковий імпульс поширюється по звукопроводу зі швидкістю звуку V_3 і надходить у зону зворотного перетворення вихідного магніострикційного перетворювача 11, де він внаслідок зворотного ефекту магніострикції перетворюється в електричний сигнал, що потім підсилюється і формується в імпульс (старт-імпульс) підсилювачем 12 зчитування. Цей старт-імпульс переключає тригер 6 в одиничний стан, після чого потенціал з його виходу відкриває елемент $I7$ і імпульси з виходу генератора 13 стабільної частоти проходять через відкритий елемент I і надходять на рахунковий вхід лічильника імпульсів. Крім цього ультразвуковий імпульс, поширюючись далі по звукопроводу, досягає його вільного (без глушника) кінця, де він цілком відбивається і продовжує поширюватися назад по звукопроводу в напрямку вихідного магніострикційного перетворювача 11. При надходженні цього відбитого ультразвукового імпульсу в зону зворотного перетворення в котушці 14 вихідного магніострикційного перетворювача знову з'являється електричний сигнал, що підсилюється і формується в імпульс (стоп-імпульс) підсилювачем зчитування. Цей імпульс переключає тригер, після чого елемент I закривається й у лічильник перестають надходити імпульси.

Одержуваний часовий інтервал між старт- і стоп-імпульсами, що знімаються послідовно з виходу підсилювача зчитування, дорівнює часу затримки

$$t_{зат} = \frac{2l_3}{V_3},$$

де l_3 – довжина звукопроводу між котушкою 14 і вільним кінцем звукопроводу.

Звукопровід разом з демпфером 2 жорстко зв'язаний з поплавком 3 і при зміні вимірюваного рівня рідини може вільно переміщуватися щодо нерухомих і жорстко закріплених на загальній підставці вхідного 10 і вихідного 11 магнітострикційних перетворювачів. Каркаси котушок 9 і 14 являються одночасно направляючими звукопроводу.

При вимірюванні рівня поплавків разом зі звукопроводом переміщується, що приводить до зміни відстані l_3 і, отже, до зміни часового інтервалу $t_{зат}$, при цьому в лічильнику буде зафіксоване число імпульсів,

$$N = \frac{t_{зат}}{\tau} = \frac{2l_3}{V_3 \cdot \tau}, \quad (4.114)$$

де τ – період проходження імпульсів генератора 13,

Так проводиться перетворення рівня рідини в цифровий код у кожному циклі вимірювання, що задається імпульсами з виходу генератора циклів 4. Для надійної роботи пристрою необхідно, щоб

$$t_{\text{ГЕН}} > t_{\text{ЗАТ.max}}$$

де $t_{\text{ГЕН}}$ – період проходження імпульсів генератора циклів; $t_{\text{ЗАТ.max}}$ – часовий інтервал, що відповідає случаю виміру максимального рівня рідини.

Сумарна похибка рівнеміра (рис. 4.41) не перевищує 0,2%.

Похибки розглянутих рівнемірів визначаються в основному похибками вторинного вимірювального перетворювача переміщення. Аналіз цих похибок розглянутий у попередніх розділах.

Недоліком поплавкових рівнемірів є неможливість або незручність вимірювання великих вимірів рівня рідини (від одиниць до десятків метрів).

4.4.2. Буйкові рівнеміри

Буйки – це поплавки змінного занурення. Буй являє собою циліндр, довжина якого значно більша його діаметра (рис. 4.42), а питома щільність його матеріалу значно більша питомої щільності досліджуваної рідини. Робота буя заснована на використанні сили, що виштовхує, на занурене в рідину тіло (буй).

Вхідною величиною такого рівнеміра є зміна ваги рідини, витиснутої буєм (виштовхуюча сила).

Такий буй 1 механічно з'єднаний з рухливим якорем 2 індуктивного або трансформаторного перетворювача переміщення в електричний сигнал. Крім цього буй своїм верхнім кінцем вільно підвішений на пружині 3.

Другий кінець пружини прикріплений до нерухомої частини перетворювача. Пружина прзначена для обмеження переміщення буя. Таким чином, буй із пружиною є масштабним перетворювачем великих змін рівня (до 20 м) у порівняно невеликі переміщення буя, а отже, і якоря перетворювача переміщення.

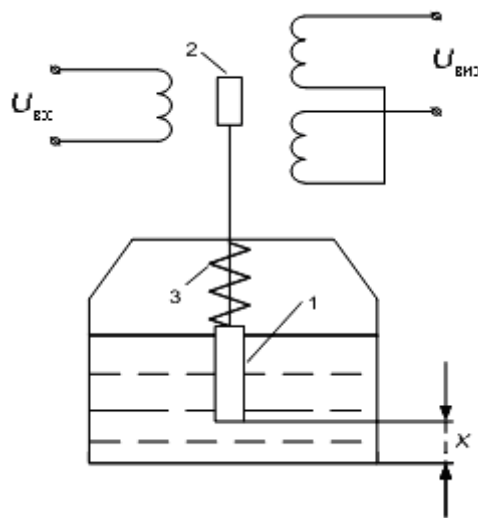


Рис. 4.42

На буй, занурений у рідину, діє виштовхуюча сила

$$F_x = (H - x)S \cdot \rho \cdot g \quad (4.115)$$

де H – вимірюваний рівень рідини; x – переміщення буя; ρ – питома щільність рідини; g – земне тяжіння.

При переміщенні буя на величину x сила пружності пружини зміниться на величину

$$F_{\text{пр}} = W \cdot x \quad (4.116)$$

де W – штивність пружини

У сталому стані

$$F_x = F_{\text{ГР}},$$

Звідки

$$x = H \cdot \frac{S \cdot \rho \cdot g}{W + S \cdot \rho \cdot g} \quad (4.117)$$

З цього рівняння випливає, що вимірюваний рівень рідини H перетвориться прямо пропорційно в переміщення буя x .

Таким чином, при зміні вимірюваного рівня рідини глибина занурення буя змінюється, що викликає зміну діючої на буй піднімальної сили. Залежно від знака зміни рівня, пружина буде розтягуватися або стискуватися, а буй разом з якорем індуктивного або трансформаторного перетворювача будуть пропорційно переміщуватися, змінюючи вихідну індуктивність або вихідну ЕРС вторинного перетворювача.

Вторинними перетворювачами переміщення можуть бути також диференціально-трансформаторні перетворювачі або магнітострикційні перетворювачі переміщення.

4.4.3. Ємнісні рівноміри

Для вимірювання рівня рідини часто використовують ємнісні перетворювачі. Існують ємнісні рівнеміри для електропровідних і

неелектропровідних рідин. Рідина вважається електропровідною, якщо її питомий опір $\rho < 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ і діелектрична проникність $\xi < 7$.

В усіх випадках електроди в ємнісних перетворювачах можуть бути виконані у вигляді плоских пластин, циліндрів або стержнів. У деяких випадках одним з електродів ємнісного перетворювача може бути металева стінка посудини з досліджуваною рідиною.

В основу роботи ємнісних рівнемірів покладений принцип залежності ємності ємнісного перетворювача від зміни діелектричної проникності матеріалу (рідини) між обкладками конденсатора. При зануренні ємнісного перетворювача в досліджувану рідину на деяку глибину змінюється діелектрична проникність матеріалу (рідини) між обкладками конденсатора, що приведе до зміни її вихідної ємності пропорційно вимірюваному рівню рідини.

Для роботи з електропровідними рідинами в ємнісних перетворювачах один з електродів ізолюють фторопластовою плівкою, а при роботі з неелектропровідними рідинами електроди не ізолюють.

Найчастіше використовуваною конструкцією ємнісного рівнеміра є конструкція з циліндричними електродами ємнісного перетворювача (рис.4.43.)

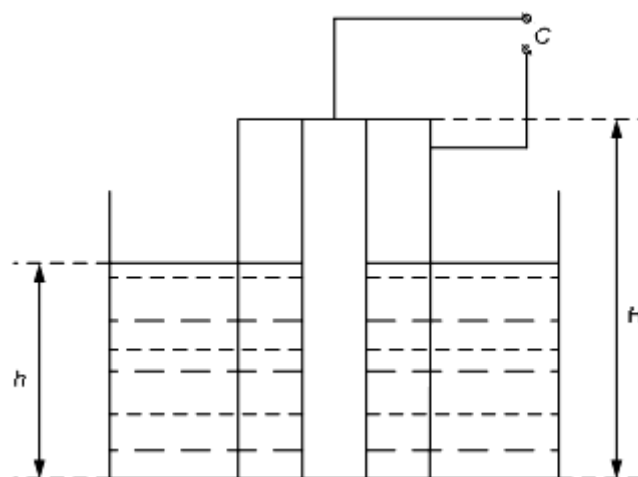


Рис. 4.43

Його внутрішній і зовнішній циліндричні електроди знаходяться в резервуарі з досліджуваною рідиною. Якщо в резервуарі немає рідини, то ємність між електродами перетворювача

$$C_B = C_{\Pi} + C_0 \xi_0 H, \quad (4.118)$$

де ξ_0 – відносна діелектрична проникність повітря; H – висота циліндричних електродів; C_{Π} – паразитна ємність, обумовлена з'єднувальними проводами від електродів до вторинної вимірювальної апаратури; C_0 – ємність циліндричного повітряного конденсатора на одиницю висоти H , що дорівнює.

$$C_0 = \frac{2\pi}{l_n (r_2 / r_1)}, \quad (4.119)$$

r_1, r_2 – відповідно радіуси внутрішнього і зовнішнього циліндричного електрода.

З рівнянь (4.118) і (4.119) випливає

$$C_B = C_{\Pi} + \frac{2\pi \xi_0 H}{l_n (r_2 / r_1)}, \quad (4.120)$$

Після заповнення резервуара рідиною до рівня h ємність перетворювача зміниться і вона буде еквівалентна паралельному з'єднанню двох циліндричних конденсаторів, один із яких вільний від

рідини і має висоту $(H-h)$, а інший заповнений рідиною і має висоту h (рис. 4.43)

У цьому випадку еквівалентна ємність

$$C_e = C_{\Pi} + \frac{2\pi\xi_0(H-h)}{l_n(r_2/r_1)} + \frac{2\pi\xi_x h}{l_n(r_2/r_1)} = C_{\Pi} + \frac{2\pi\xi_0 H}{l_n(r_2/r_1)} + \frac{2\pi h(\xi_x - \xi_0)}{l_n(r_2/r_1)} \quad (4.121)$$

де ξ_x – відносна діелектрична проникність рідини.

Як впливає з рівняння (4.120) і (4.121)

$$C_e = C_B + C_X \quad (4.122)$$

де

$$C_X = \frac{2\pi h(\xi_x - \xi_0)}{l_n(r_2/r_1)} \quad (4.123)$$

З рівняння (4.122) випливає, що еквівалентна ємність C_e ємнісного перетворювача дорівнює сумі двох паралельно з'єднаних ємностей C_B і C_X . З них ємність C_X є інформативною, тобто залежною від вимірюваного рівня рідини h , а ємність C_B є неінформативною. Для збільшення чутливості і точності виміру ємнісного рівнеміра повинна бути передбачена схемна компенсація ємності C_B .

До переваг ємнісних рівнемірів варто віднести їхню високу чутливість, простоту конструкції і відсутність елементів, що рухаються.

До недоліків ємнісних рівнемірів, що впливають на їхні похибки, варто віднести залежність діелектричної проникності рідини ϵ_x від температури, вплив паразитних ємностей між з'єднувальними проводами, а також непридатність для вимірювання в'язких рідин. Через те, що простір над досліджуваною рідиною завжди містить пари цієї рідини, діелектрична проникність яких відрізняється від повітря, то це призводить до появи додаткових похибок. Наведена похибка ємнісних рівнемірів становить 2...5%.