

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РІДИНИ

Литвиненко В.М.

Доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій електроніки та інженерії, к.т.н. Литвиненко Віктор Миколайович
Херсонський національний технічний університет
Бериславське шосе, 24, тел. 32-69-44, viktor 719160@mail.ru

Рівнем називають висоту заповнення технологічного апарата робочим середовищем — рідиною або сипучим тілом. Рівень робочого середовища є технологічним параметром, інформація про нього необхідна для контролю режиму роботи технологічного апарата, а в ряді випадків для керування виробничим процесом і для проведення заходів щодо енергоаудиту. Шляхом вимірювання рівня можна одержувати інформацію про масу рідини в резервуарах. Подібна інформація широко використовується для керування виробничим процесом. Рівень вимірюють в одиницях довжини. Засоби вимірювання рівня називають рівнемірами.

Розрізняють рівнеміри, які призначені для вимірювання рівня робочого середовища; вимірювання маси рідини в технологічному апараті; сигналізації граничних значень рівня робочого середовища — сигналізатори рівня. За діапазоном вимірювання розрізняють рівнеміри широкого (з межами вимірювання 0,5-20 м) і вузького діапазонів (межі вимірювання (0...±100) мм або (0...±450) мм).

На даний час вимірювання рівня в багатьох галузях промисловості здійснюють різними за принципом дії рівнемірами, з яких дістали поширення візуальні, поплавкові, буйкові, гідростатичні, електричні, ультразвукові і радіоізотопні.

Розглянемо основні методи вимірювання рівня рідини.

1. Візуальні засоби вимірювання рівня

До візуальних засобів вимірювання рівня відносять мірні лінійки, рейки, рулетки з лотами (циліндричними стрижнями) і скляні рівнеміри [1]. У виробничій практиці широкого застосування набули скляні рівнеміри. Вимірювання рівня за допомогою скляних рівнемірів (рис.1, а) ґрунтується на законі сполучених посудин. Вказівне скло 1 за допомогою арматур з'єднують із нижньою і верхньою частинами ємності. Спостерігаючи за положенням меніска рідини в трубці 1, роблять висновок про положення рівня рідини в ємності. Для виключення додаткової похибки, обумовленої розходженням температури рідини в резервуарі і у скляній трубці, перед вимірюванням здійснюють промивання скляних рівнемірів.

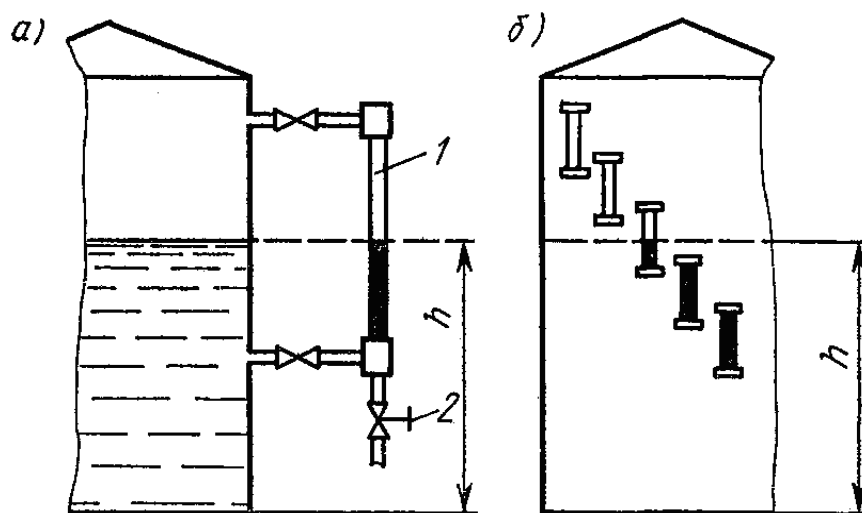


Рис. 1. Схема установки на технологічних апаратах

Для цього передбачений вентиль 2. Арматура скляних рівнемірів оснащується запобіжними клапанами, що забезпечує автоматичне перекривання каналів, які зв'язують вказівне скло з технологічним апаратом при випадковій поломці скла. Через низьку механічну міцність скляні рівнеміри звичайно виконують довжиною не більше 0,5 м. Тому для вимірювання рівня в резервуарах (рис.1, б) встановлюється декілька скляних рівнемірів з тим розрахунком, щоб вони перекривали один одного. Абсолютна похибка вимірювання рівня скляними рівнемірами $\pm(1-2)$ мм. При вимірюванні можливі додаткові похибки, пов'язанні із впливом температури навколишнього середовища. Скляні рівнеміри застосовуються до тисків 2,94 МПа і до температури 300°C.

2. Поплавкові рівнеміри

Серед існуючих різновидів рівнемірів поплавкові є найбільш простими. Дістали поширення поплавкові рівнеміри вузького і широкого діапазонів [2]. Поплавкові рівнеміри вузького діапазону (рис. 2) звичайно являють собою пристрій, який містить кульковий поплавок діаметром 80-200 мм, виконаний з нержавіючої сталі. Поплавок плаває на поверхні рідини і через штангу і спеціальне ущільнення з'єднується або зі стрілкою вимірювального приладу, або з перетворювачем 1 кутових переміщень в уніфікований електричний або пневматичний сигнал. Рівнеміри вузького діапазону випускаються двох типів: *фланцеві* (рис.2, а) і *камерні* (рис. 2, б), що відрізняються способом їх встановлення на технологічних апаратах. Мінімальний діапазон вимірювання цих рівнемірів 0-10 мм, максимальний — 0-200 мм. Клас точності 1,5. Поплавкові рівнеміри широкого діапазону (рис. 2, в) являють собою поплавок 1, пов'язаний із противагою 4 гнучким тросом 2. У нижній частині противаги закріплена стрілка, що показує за шкалою 3

значення рівня рідини в ємності.

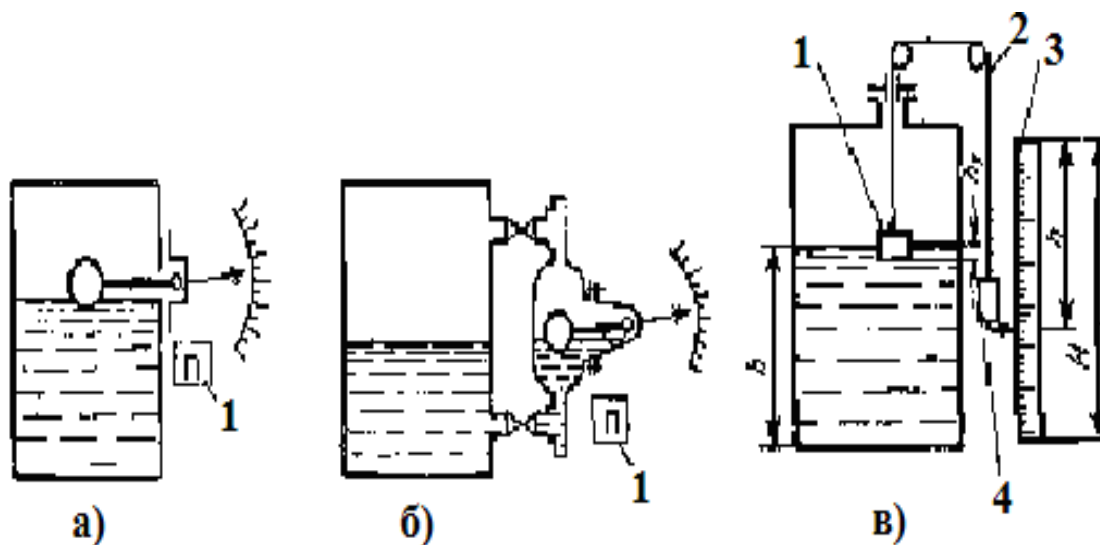


Рис.2. Схеми поплавкових рівнемірів:

- а) фланцеві;
- б) камерні;
- в) широкого діапазону

При розрахунках поплавкових рівнемірів підбирають такі конструктивні параметри поплавка, які забезпечують стан рівноваги системи «поплавок-проти вага» тільки за певної глибини занурення поплавка. Якщо знехтувати силою ваги троса і тертям у роликах, стан рівноваги системи «поплавок-проти вага» описується рівнянням

$$G_B = G_{II} - S \cdot h_1 \cdot \rho_p \cdot g, \quad (1)$$

де G_B , G_{II} — сили ваги проти ваги і поплавка, Н; S — площа поплавка, м²;

h_1 — глибина занурення поплавка, м; $\rho_{ж}$ — густина рідини, кг/м³; g — прискорення вільного падіння.

Підвищення рівня рідини змінює глибину занурення поплавка і на нього діє додаткова сила виштовхування. У результаті рівняння (1) порушується, і проти вага опускається вниз до того часу, доти глибина занурення поплавка не стане дорівнювати h_1 . При зниженні рівня діюча на поплавок сила виштовхування зменшується, і поплавок починає опускатися вниз до того часу, доти глибина занурення поплавка не стане дорівнювати h_1 . Для передачі інформації про значення рівня рідини в резервуарі застосовують сельсинні системи передачі.

Буйкові рівнеміри

В основу роботи буйкових рівнемірів покладене фізичне явище, яке описується законом Архімеда. Чутливим елементом у цих рівнемірах є циліндричний буй, виготовлений з матеріалу із густиною, більшою за густину рідини [3, 4]. Буй перебуває у вертикальному положенні і частково занурений у рідину. При зміні рівня рідини в апараті маса буя в рідині змінюється пропорційно зміні рівня. Перетворення ваги буя в сигнал вимірювальної інформації здійснюється за допомогою уніфікованих перетворювачів «сила - тиск» і «сила - струм». Відповідно до виду використовуваного перетворювача сили розрізняють пневматичні та електричні буйкові рівнеміри.

Схема буйкового пневматичного рівнеміра наведена на рис.3.

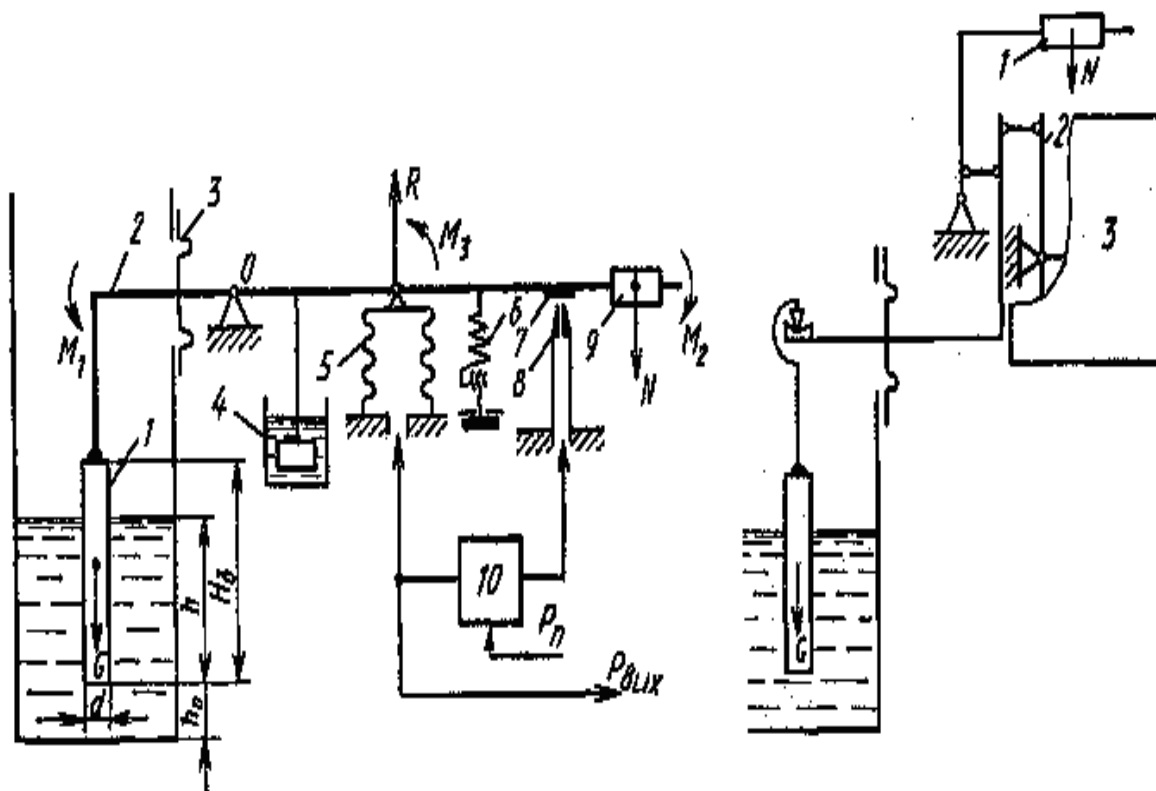


Рис. 3. Схема буйкового пневматичного рівнеміра

Рівнемір працює в такий спосіб. Коли рівень рідини в апараті дорівнює початковому h_0 (в окремому випадку h_0 може дорівнювати 0), вимірювальний важіль 2 перебуває в рівновазі, тому що момент M_1 , створюваний вагою буя G , зрівноважується моментом M_2 , створюваним противагою N . Коли рівень рідини стає більшим h_0 , частина буя занурюється в рідину, при цьому вага буя зменшується, а отже, зменшується і момент M_1 , створюваний буєм на важелі 2. Внаслідок того, що M_2 стає більшим M_1 , важіль 2 повертається навколо точки 0 за годинниковою стрілкою і прикриває заслінкою 7 сопло 8. Тому тиск у лінії сопла збільшується. Цей тиск

надходить у пневматичний підсилювач 10, вихідний сигнал якого є вихідним сигналом рівнеміра.

Цей самий сигнал одночасно посиляється в сильфон негативного зворотного зв'язку 5. Під дією тиску $P_{вих}$ виникає сила R , момент M_3 якої збігається за напрямком з моментом M_1 , тобто дія сили R спрямована на відновлення рівноваги важеля 2. Рух вимірювальної системи перетворювача відбувається до того часу, доти сума моментів всіх сил, що діють на важіль 2, не стане дорівнювати 0.

Крім розглянутої модифікації пневматичних рівнемірів, випускаються рівнеміри, оснащені уніфікованим перетворювачем «сила - тиск». Верхні межі вимірювання рівнеміра з уніфікованим електричним сигналом обмежені значеннями 0,02-16 м.

Буйкові засоби вимірювання рівня застосовуються при температурі робочого середовища від -40 до $+400^{\circ}\text{C}$ і тиску робочого середовища до 16 МПа. Класи точності буйкових рівнемірів 1,0 і 1,5.

3. Ємнісні рівнеміри

Ємнісними рівнемірами називаються рівнеміри, засновані на залежності електричної ємності конденсаторного перетворювача, утвореного одним або декількома стержнями, циліндрами або пластинами, частково введеними в рідину, від її рівня [5-10] .

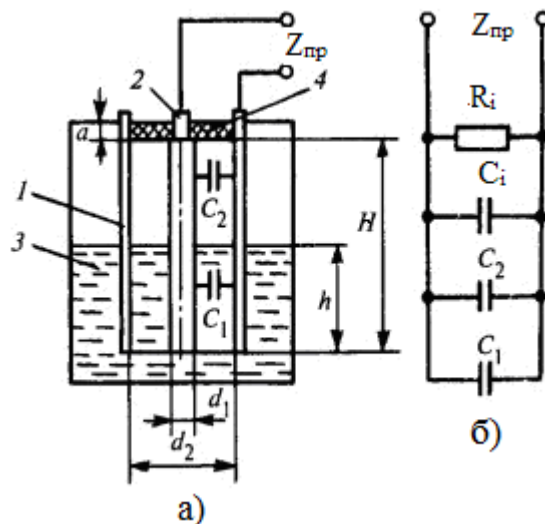


Рис. 4. Схема конденсаторного перетворювача рівня для неелектропровідних середовищ:

- 1, 2 - електроди;
- 3 - резервуар;
- 4 - ізолятор

Конструкція конденсаторних перетворювачів різна для електропровідних і неелектропровідних рідин. Електропровідними

вважаються рідини, що мають, питомий опір $\rho < 10^6$ Ом·м і діелектричну проникність $\epsilon \geq 7$. Різниця перетворювачів полягає в тому, що один з електродів рівнемірив для електропровідних рідин покритий ізоляційним шаром, в той час як електроди перетворювачів для неелектропровідних рідин не ізолювані. Електроди можуть бути у вигляді плоских пластин, стрижнів. Як електрод може використовуватися металева стінка резервуара, якщо вона металева. Часто застосовуються циліндричні електроди, що володіють в порівнянні з іншими формами електродів хорошою технологічністю, кращою перешкодостійкістю і забезпечують більшу жорсткість конструкції.

Конденсаторний перетворювач для неелектропровідних рідин, що складається з двох коаксіально розташованих електродів 1 і 2, поміщених в резервуар 3, в якому проводиться вимір рівня, зображений на рис. 4, а.

Взаємне розташування електродів зафіксовано прохідним ізолятором 4. Електроди утворюють циліндричний конденсатор, частина міжелектродного простору, висота якого H , заповнена контрольованою рідиною, решта висотою $H - h$ - її парами.

У загальному вигляді ємність циліндричного конденсатора визначається виразом:

$$C = \pi \epsilon \epsilon_0 H / \ln(d_2 / d_1), \quad (2)$$

де $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - діелектрична проникність вакууму; ϵ - відносна діелектрична проникність речовини, що заповнює межелектродний простір; H - висота електродів; d_1 , d_2 - діаметри внутрішнього та зовнішнього електродів.

На підставі виразу (2) легко записати вирази для ємності C_1 частини перетворювача, що знаходиться в рідині, і для ємності C_2 частини, що знаходиться в газовому просторі

$$C_1 = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_p h}{\ln(d_2 / d_1)}.$$

$$C_2 = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_g h}{\ln(d_2 / d_1)}.$$

де ϵ_p і ϵ_g - відносні діелектричні проникності рідини і газу над нею.

Сумарний вихідний опір перетворювача $Z_{пр}$, крім ємностей C_1 і C_2 , визначається також ємністю C_i прохідного ізолятора і його активним опором R_i (ємність C_i утворюється електродами перетворювача на ділянці a ; опір R_i обумовлений провідністю матеріалу ізолятора на цій ділянці), а також ємністю і провідністю з'єднувального кабелю.

Таким чином, електрична схема перетворювача має вигляд, зображений

на рис. 1, б. Сумарна ємність перетворювача

$$C_{\text{пр}} = C_1 + C_2 + C_i.$$

Ємність C_i від значення h не залежить, крім того, для газів $\varepsilon_r \approx 1$, тому

$$C_{\text{пр}} = C_i + \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(d_2/d_1)} \cdot H[1 + (\varepsilon_p - 1)h/H].$$

Таким чином, при $\varepsilon_p = \text{const}$ ємність $C_{\text{пр}}$ однозначно залежить від вимірюваного рівня h . В реальних умовах ε_p може змінюватися (наприклад, при зміні температури рідини, її складу і т.д.).

Для зменшення впливу зміни ε_p на показання рівнеміра зазвичай використовується компенсаційний конденсатор (рис. 5).

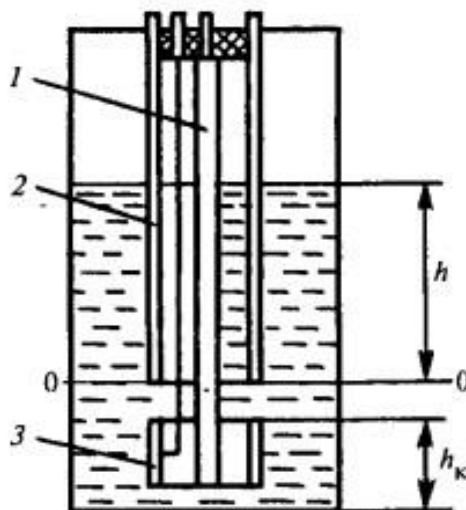


Рис. 5. Схема перетворювача з компенсаційним конденсатором:

- 1, 2 - електроди;
- 3 - додатковий електрод

Тут 1 і 2 - електроди конденсаторного перетворювача, ємність якого залежить від вимірюваного рівня h , і діелектричної проникності ε_p . Нижня частина електрода 1 і додатковий електрод 3 утворюють компенсаційний конденсатор, який постійно занурений в рідину, і, отже, його ємність залежить тільки від ε_p . Ємність компенсаційного конденсатора використовується в електронній схемі в якості коригуючого сигналу.

Негативний вплив на роботу ємнісних рівнемірів чинить активний опір перетворювача. Він складається з активного опору прохідного ізолятора і активного опору контрольованої рідини в міжелектродному просторі (зазвичай значення останнього дуже мале). Для зменшення впливу активного опору перетворювача в схему рівнеміра включається фазовий детектор. У конденсаторних перетворювачах для електропровідних рідин один електрод виконується ізольованим.

Якщо резервуар металевий, то його стінки можуть бути використані в якості другого електроду.

Якщо резервуар неметалевий, то в рідину встановлюється металевий неізолюваний стрижень, який виконує роль другого електроду.

На рис. 6, а зображена схема перетворювача, виконаного у вигляді стрижня (електрода) 1, покритого шаром ізоляції 2 і зануреного в металевий резервуар 3.

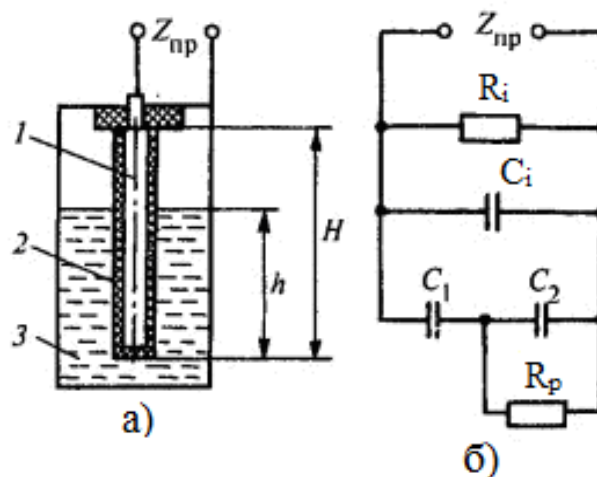


Рис. 6. Схема конденсаторного перетворювача рівня для електропровідних рідин:

1 - стрижень (електрод);

2 - ізоляція;

3 – резервуар

Якщо знехтувати діелектричною проникністю газів над рідиною в порівнянні з діелектричною проникністю ізоляції електроду, то електричну схему перетворювача можна представити у вигляді, зображеному на рис. 6, б. Залежну від рівня ємність перетворювача можна уявити як ємність двох послідовно з'єднаних конденсаторів C_1 і C_2 .

Параметр C_1 - ємність конденсатора, обкладинками якого є поверхня електроду 1 і поверхня електропровідної рідини на кордоні з ізолятором 2. Діелектриком цього конденсатора є матеріал ізолятора. При збільшенні h збільшується площа обкладки - поверхня рідини, що веде до збільшення C_1 .

Параметр C_2 - ємність конденсатора, однією обкладкою якого є поверхня рідини на кордоні з ізолятором 2 (загальна з обкладкою конденсатора C_1), друга обкладка - поверхня резервуара 3. Зі збільшенням h ємність C_2 також зростає.

Параметр R_p - активний опір рідини; C_i , R_i - ємність і активний опір прохідного ізолятора.

Таким чином, повна ємність перетворювача визначається виразом:

$$C_{\text{пр}} = C_i + C_1 C_2 / (C_1 + C_2).$$

Як і в схемі на рис. 4, наявність активної складової в вихідному опорі $Z_{\text{пр}}$ перетворювача, може привести до появи похибки. Щоб її уникнути в схемі встановлюється фазовий детектор.

У ємнісних рівнемірах для вимірювання електричної ємності перетворювача використовуються різні схеми. Найбільш простими є мостові схеми, прикладом яких може бути схема електронного індикатора рівня ЕІР (рис. 7).

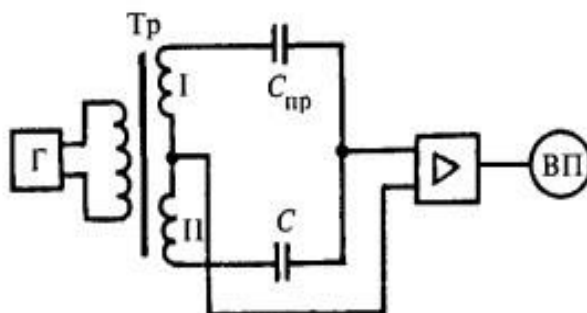


Рис. 7. Принципова схема електронного індикатора рівня

Міст складається з двох вторинних обмоток I і II трансформатора T_p , генератором Γ , ємності перетворювача $C_{\text{пр}}$ і підлаштувального конденсатора C . Міст урівноважений при нульовому рівні рідини, при цьому сигнал на вході і виході підсилювача дорівнює нулю.

При збільшенні рівня ємність $C_{\text{пр}}$ зростає, розбаланс моста збільшується і напруга на вході підсилювача зростає. За допомогою підсилювача цей сигнал посилюється, перетворюється в уніфікований і вимірюється вторинним приладом ВП.

Складніша вимірювальна схема використовується в рівнемірах типу РУС (рис. 8).

Робота схеми заснована на ємнісно-імпульсному методі вимірювання рівня, що використовує перехідні процеси, що протікають в ланцюзі ємнісного перетворювача, періодично підключається до джерела постійної напруги.

Вимірювальний конденсаторний перетворювач 1 і компенсаційний конденсатор 2 підключені до входів перетворювачів 3, 4 ємності в електричний сигнал. У перетворювачі 3 вимірювальний конденсатор 1 генератором тактових імпульсів 7 періодично підключається до постійної напруги u_1 . Наприкінці робочого імпульсу генератор шунтує вимірювальний конденсатор і розряджає його. За час імпульсу вимірювальний конденсатор зарядиться до значення напруги, яке залежить від значення ємності.

Вихідним сигналом перетворювача 3 є постійна напруга u_3 імпульсної форми, амплітуда якого визначається ємністю конденсатора, тобто значеннями контрольованого рівня і діелектричною проникністю середовища.

Перетворювач 4 має аналогічне виконання, але живиться напругою u_2 ,

пропорційній вихідному струму $I_{\text{вих}}$ (тобто використовується негативний зворотний зв'язок).

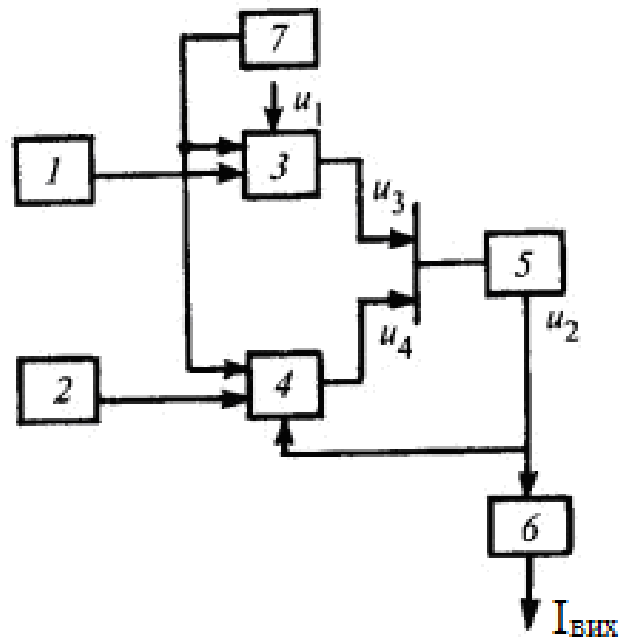


Рис. 8. Вимірювальна схема рівнеміра РУС:

- 1 - конденсаторний перетворювач;
- 2 - компенсаційний конденсатор;
- 3, 4 - перетворювачі;
- 5 - імпульсний детектор;
- 6 - підсилювач;
- 7 - генератор тактових імпульсів

Таким чином, амплітуда вихідної імпульсної напруги u_4 перетворювача 4 залежить від ємності компенсаційного конденсатора (тобто діелектричної проникності середовища) і значення u_2 . Сигнали з перетворювачів 3 і 4 віднімаються і різницевий сигнал подається на вхід імпульсного детектора 5, що перетворює імпульсний сигнал в напругу постійного струму u_2 . Напруга u_2 потім використовується в якості сигналу зворотного зв'язку і підсилювачем 6 перетворюється в уніфікований струмовий вихідний сигнал $I_{\text{вих}}$. У статичному режимі вихідна напруга u_2 і струм $I_{\text{вих}}$ приймають такі значення, при яких $u_3 \approx u_4$.

При збільшенні рівня і $\epsilon_r = \text{const}$ буде збільшуватися u_3 , що призведе до збільшення u_2 і $I_{\text{вих}}$, так як збільшення u_4 можливо тільки за рахунок збільшення u_2 (при $\epsilon_r = \text{const}$ ємність компенсаційного конденсатора не змінюється). Припустимо $h = \text{const}$, але збільшилася діелектрична проникність ϵ_r , при цьому u_2 і $I_{\text{вих}}$ не повинні змінитися. Дійсно, при цьому збільшиться u_3 , але одночасно збільшиться і значення u_4 (при $u_2 = \text{const}$), так як збільшилася і ємність компенсаційного конденсатора. Верхні межі рівнемірів РУС вибираються з ряду від 0,4 до 20 м, основна похибка в

залежності від модифікації 0,5; 1,0; 1,5; 2,5%.

Рівнеміри застосовуються на діелектричних або провідних середовищах, агресивних, вибухо-небезпечних при температурах від -60 до 250 °С при тисках до 10 МПа.

У ємнісних рівнемірах може використовуватися резонансна схема вимірювання ємності. При цьому первинний перетворювач включений в схему коливального контуру, параметри якого змінюються зі зміною контрольованого рівня. При цьому або вимірюється амплітуда напруги на контурі (при незмінній амплітуді і частоті напруги живлення), або резонансна частота контуру. Такі схеми мають деякі модифікації рівнемірів типу РУМБ, сигналізатори типу СУС.

Ємнісні рівнеміри набули широкого поширення особливо в якості сигналізаторів через дешевизну, простоту обслуговування, зручність монтажу первинного перетворювача, відсутність рухомих елементів, можливість використання в широкому інтервалі температур і тисків.

Великою перевагою є нечутливість до сильних магнітних полів, можливість використання в широкому інтервалі температур (від криогенних до 500°С) і тисків.

До числа недоліків слід віднести непридатність для вимірювання рівня в'язких (динамічна в'язкість більше 1 Па·с), плівкоутворюючих, рідин, що кристалізуються і містять домішки, що випадають в осад, високу чутливість до зміни електричних властивостей рідини і зміни ємності кабелю, що з'єднує первинний перетворювач з вимірювальним приладом.

Останній недолік усувається при розміщенні електронної частини в голівці перетворювача. В цьому випадку ємнісний стрижневий перетворювач нагадує термперетворювач.

Так, стрижневий ємнісний рівнемір типу Мерсар фірми Siemens може мати довжину до 5 м при діаметрі трубки 24 мм, вимірювана ємність якого становить 3,3 ... 3300 пФ. Гнучка конструкція перетворювача може мати довжину до 35 м. Перетворювачі працюють при температурах від -200 до 400 °С при тисках від вакууму до 50 МПа. При вихідному сигналі 4 ... 20 мА перетворювач має цифровий сигнал по HART-протоколу, похибка вимірювання складає $\pm 0,1\%$.

3. Гідростатичні рівнеміри

Основним принципом дії даних рівнемірів є вимір гідростатичного тиску, що чиниться рідиною [2, 4].

Величина гідростатичного тиску P_T залежить від висоти стовпа рідини h над вимірювальним приладом і від щільності цієї рідини ρ .

Вимірювання гідростатичного тиску може здійснюватися різними способами, наприклад манометром або датчиком тиску, які підключаються до резервуара на висоті, рівній нижньому граничному значенню рівня; диференціальним манометром, який підключається до резервуара на висоті, рівній нижньому граничному значенню рівня, і до газового простору над

рідиною; вимірюванням тиску повітря, що прокачується по трубці, опущеній в рідину на фіксовану відстань, і іншими.

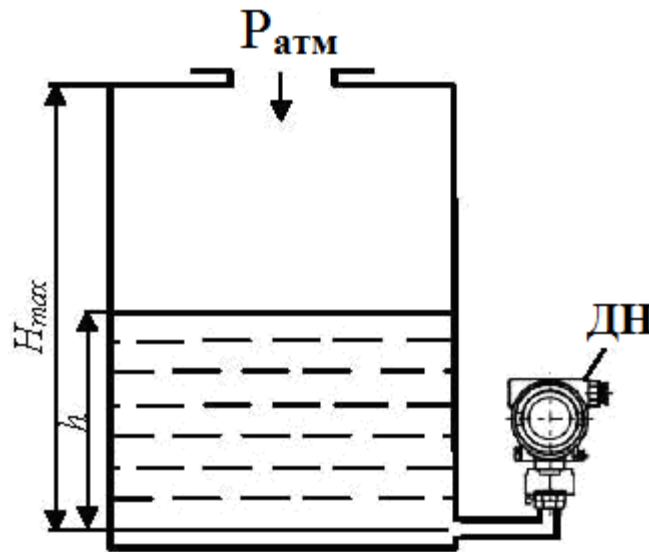


Рис. 9. Вимірювання рівня в резервуарі за допомогою датчика надлишкового тиску

На рис. 9 наведена схема вимірювання рівня датчиком надлишкового тиску ДН (манометром). Для цих цілей може застосовуватися датчик будь-якого типу з відповідними межами вимірів.

При вимірюванні рівня гідростатичним способом похибки вимірювання визначаються класом точності вимірювального приладу, змінами щільності рідини і коливаннями атмосферного тиску.

Якщо резервуар знаходиться під надлишковим тиском, то до гідростатичного тиску рідини додається надлишковий тиск над її поверхнею, який данною вимірювальною схемою не враховується. Тому така схема вимірювання для таких випадків не підходить.

У зв'язку з цим, більш універсальними є схеми вимірювання рівня з використанням диференціальних датчиків тиску (дифманометрів). За допомогою диференціальних датчиків тиску можна також вимірювати рівень рідини у відкритих резервуарах, контролювати кордон розділу рідин.

Схема вимірювання рівня рідини у відкритому резервуарі, розташованому під атмосферним тиском, представлена на рис. 10.

Плюсова камера дифманометра ДД через імпульсну трубку з'єднана з резервуаром в його нижній точці, мінусова камера - з атмосферою.

У такій схемі усувається похибка, пов'язана з коливаннями атмосферного тиску, тому що результуючий перепад тиску на дифманометрі дорівнює:

$$P = (P_r + P_{\text{атм}}) - P_{\text{атм}} = P_r.$$

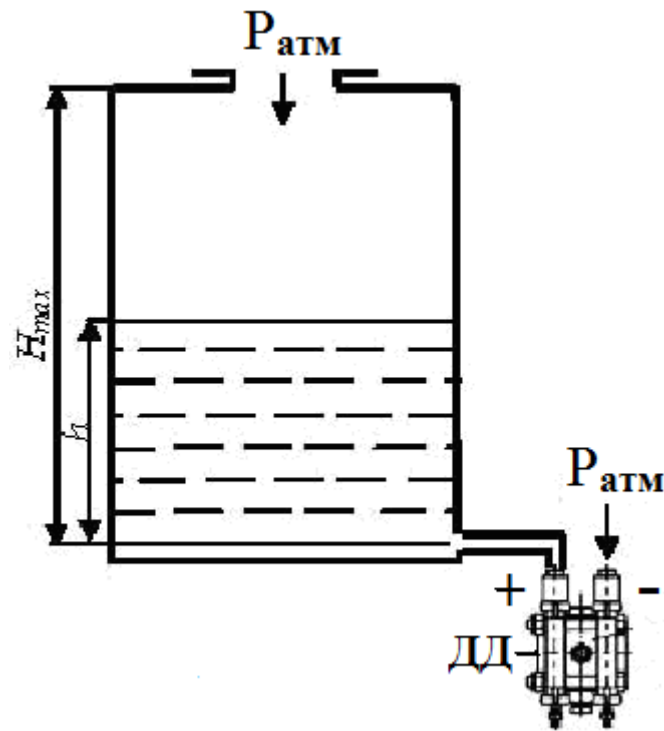


Рис. 10. Вимірювання рівня в відкритому резервуарі за допомогою диференціального датчика тиску

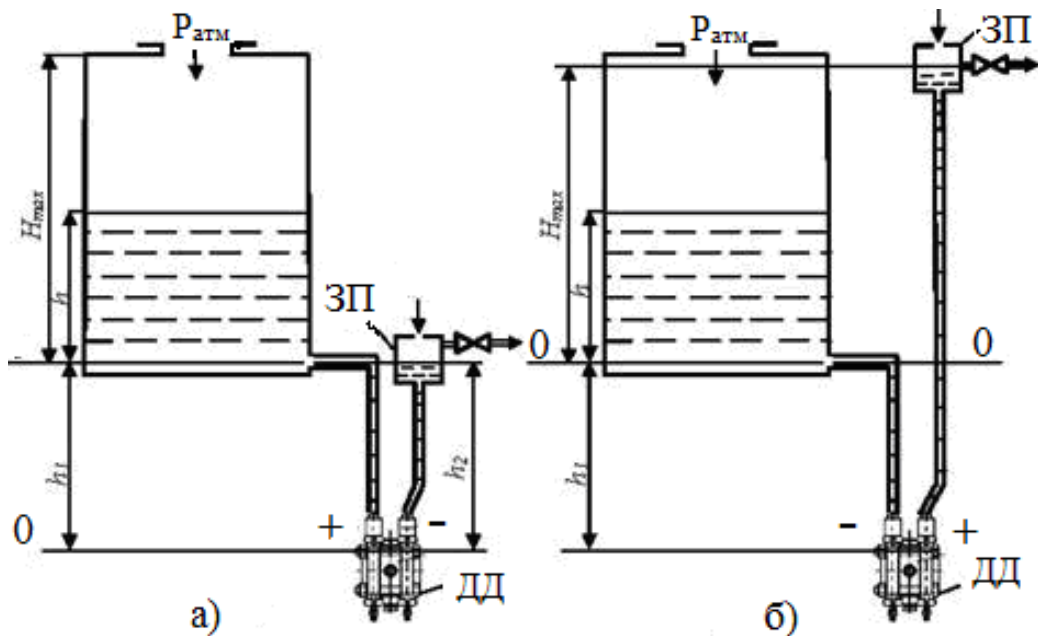


Рис. 11. Вимірювання рівня в відкритому резервуарі за допомогою датчика диференціального тиску з ІС-використанням зрівняльних посудин:

а - з нижнім розташуванням зрівняльних посудин;

б - з верхнім розташуванням зрівняльних посудин

Така вимірювальна схема може використовуватися тоді, коли дифманометр розташований на одному рівні з нижньою площиною

резервуара. Якщо ця умова дотриматися неможливо і дифманометр розташовується нижче на висоту h_1 , то використовують зрівняльні резервуари (ЗР).

Схеми вимірювання рівня з зрівняльними посудинами для резервуарів під атмосферним тиском представлені на рис. 11.

Зрівняльний резервуар використовують для компенсації статичного тиску, створюваного стовпом рідини h_1 в імпульсній трубці.

Для вимірювання рівня в резервуарах, що перебувають під надлишковим тиском $P_{\text{над}}$, застосовують вимірювальну схему, зображену на рис.12.

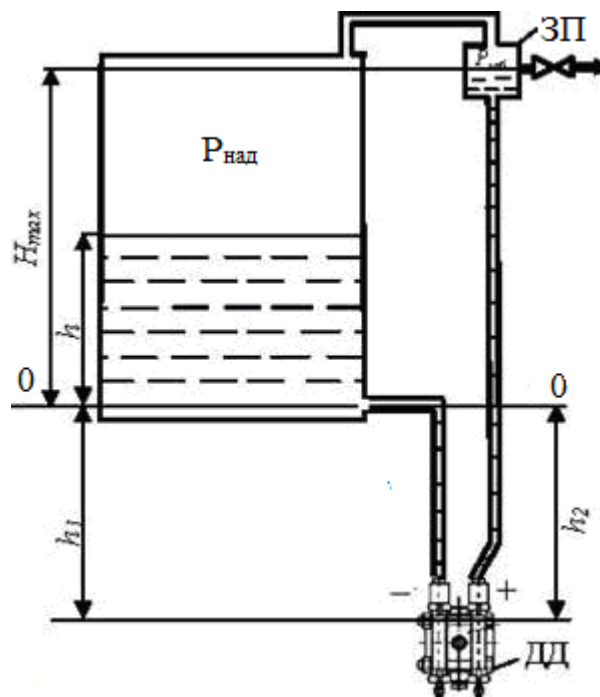


Рис. 12. Вимірювання рівня в закритому резервуарі за допомогою датчика диференціального тиску з використанням зрівняльних посудин

Надмірний тиск $P_{\text{над}}$ надходить в обидві імпульсні трубки дифманометра, тому вимірюваний перепад тиску P можна представити у вигляді:

$$P = \rho g H_{\text{max}} - \rho g h,$$

де: ρ - щільність рідини, $g = 9,81 \text{ м / с}^2$ - прискорення вільного падіння.

При $h = 0$, $P = \Delta P_{\text{max}}$, а при $h = H_{\text{max}}$, $P = 0$.

Тобто з рівняння випливає, що шкала вимірювального приладу рівнеміра буде обернена.

Більш сучасним аналогом дифманометрів є датчики гідростатичного тиску. Як і у дифманометрів, у них є дві вимірювальні камери. Одна з камер виконана у вигляді відкритої мембрани, а друга - у вигляді штуцера. Такі

датчики завжди можна встановити безпосередньо біля дна резервуару, тому відсутня необхідність в імпульсних трубках, а значить, і в необхідності компенсації висоти імпульсної трубки.

Найбільш поширені вимірювальні схеми з використанням гідростатичного датчика тиску представлені на рис.13.

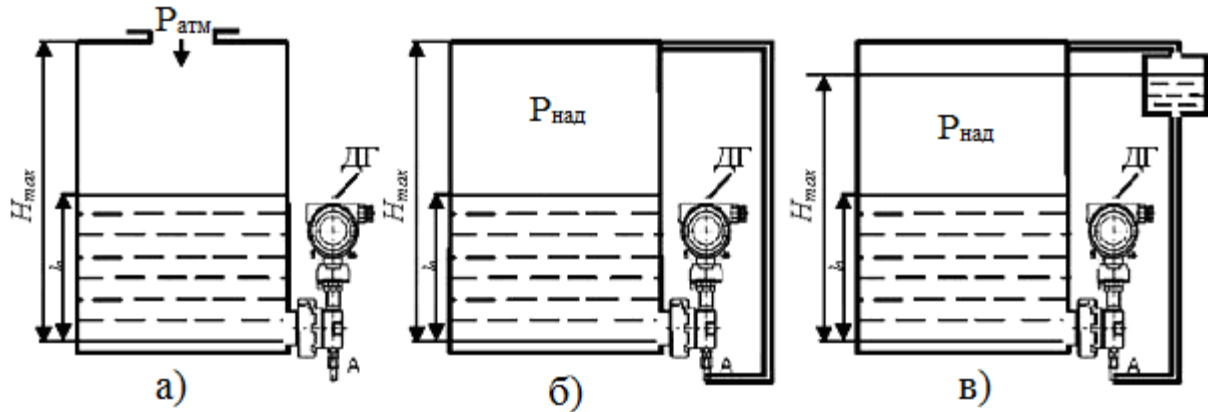


Рис. 13. Вимірювання рівня в резервуарах за допомогою датчика гідростатичного тиску:

- а - для відкритих резервуарів;
- б - для закритих резервуарів, без зрівняльних посудин;
- в - для закритих резервуарів з зрівняльними посудинами;
- ДГ – датчик гідростатичний

Схема в) використовується для процесів, в яких неминучий рясний конденсат та його накопичення в трубці, що з'єднує датчик з об'ємом над рідиною.

4. Радіоізотопні рівнеміри

Радіоізотопні рівнеміри й сигналізатори рівня застосовуються в тих випадках, коли не можна застосовувати розглянуті раніше рівнеміри через важкі умови роботи [11]. Радіоактивні сигналізатори рівня застосовуються для визначення рівня сипучих матеріалів в складових цехах і дозувально-змішувальних відділеннях.

Принцип дії радіоізотопних рівнемірів і сигналізаторів рівня (рис. 14) оснований на використанні залежності інтенсивності потоку радіоактивного випромінювання, що падає на приймач (детектор) випромінювання, від положення рівня вимірюваного середовища.

Основними елементами радіоізотопного приладу є: джерело радіоактивного випромінювання (ДРВ); приймач (П) випромінювання (детектор) ; електронний пристрій (ЕП), перетворює і підсилює сигнал, що йде від детектора в вимірювальний прилад (ВП), який показує виміряне значення рівня рідини.

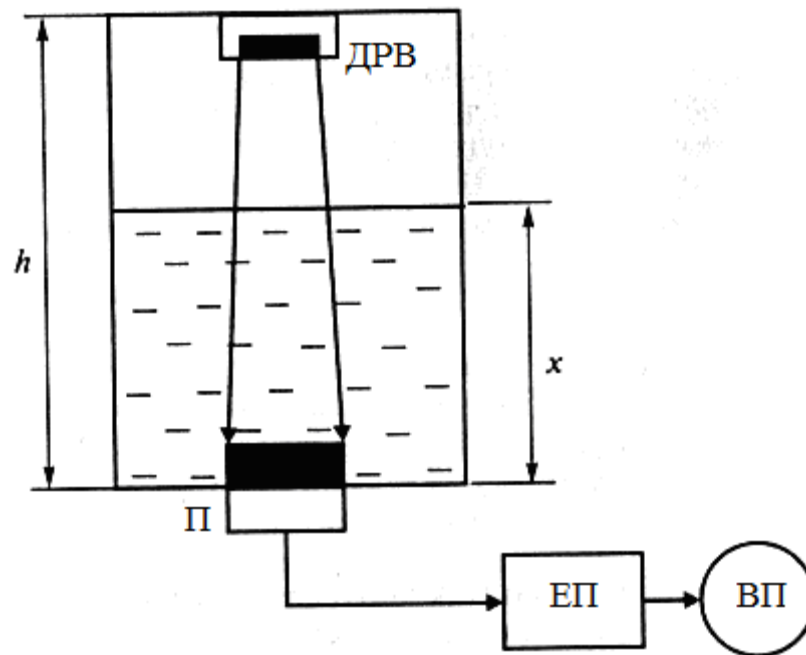


Рис. 14. Радіоізотопний рівнемір

Як джерело радіоактивного випромінювання застосовують ізотопи кобальту або цезію.

Джерело випромінювання розташоване в захисній чавунній оболонці, залитої свинцем, яка є надійним захистом від радіаційного випромінювання. У ній зроблено овальний конусоподібний отвір. У робочому положенні джерело встановлюється проти отвору, на його геометричній осі. В неробочому положенні джерело випромінювання зміщується щодо геометричної осі отвору всередину свинцевої оболонки. Приймачем випромінювання служать газорозрядні і сцинтиляційні лічильники, які встановлюються так, щоб умовна вісь, що проходить через центри блоків джерел випромінювання і лічильників, була паралельна межі поділу двох середовищ.

Межі вимірювання обмежуються висотою резервуара, похибка сигналізатора ± 20 мм, інших рівнемірів 2-3%.

При експлуатації радіоізотопних приладів необхідно застосовувати заходи біологічного захисту, керуючись санітарними правилами роботи з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючих випромінювань.

Висновки

Зроблено огляд основних методів вимірювання рівня рідин. Приведені схеми вимірювачів рівня рідини, розглянуто їх принцип дії. Наведено переваги і недоліки методів вимірювання рівня рідин, проведено аналіз причин, які зумовлюють їх погрішності.

Література

1. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Івахів О.В. та ін. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, О.В. Івахів та ін. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008.- 618с.
2. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка / Є.С. Поліщук. –Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. - 544с.
3. *Электрические измерения* / Под ред. Е.Г. Шрамкова.- М.: Высшая школа, 1972.- 520с.
- 4.Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Туричин. –Л.: Энергия, 1966.-700с.
5. *Мирский Г.Я.* Радиоэлектронные измерения / *Г.Я.Мирский.* - М.: Энергия, 1975.- 600с.
6. *Мейзда Ф.* Электронные измерительные приборы и методы измерений / *Ф. Мейзда.* - М: Мир,1990.- 535с.
7. *Кушнир Ф.В.* Электрорадиоизмерения / *Ф.В. Кушнир, В.Г. Савенко.* - Л.: Энергия, 1975. - 368с.
8. *Головко Д.Б.* Основи метрології та вимірювань / *Д.Б. Головко, К.Г.Рего, Ю.О. Скрипник.* – К.: Либідь, 2001.-408с.
9. *Электрические измерения*/ Р.М. Демидов-Панферов, В.Н. Малиновский, В.С. Попов и др. – М.: Энергоиздат, 1983. - 392с.
10. *Шаповаленко О.Г.* Основи електричних вимірювань / *О.Г. Шаповаленко, В.М. Бондар.* - К.: Либідь, 2002. - 412с.
11. *Хансуваров К. И.* Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара: Учебное пособие для техникумов / *К. И. Хансуваров, В. Г. Цейтлин.* – М.: Издательство стандартов, 1990. – 287 с.

Анотація

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РІДИНИ

Проведено аналіз методів вимірювання рівня рідини. Представлені схеми пристроїв вимірювання рівня рідини, які характеризують різні методи вимірювання, розглянуто принцип дії вимірювачів рівня рідини, наведені їх переваги та недоліки. Визначені фактори, які зумовлюють похибки вимірювання рівня рідини.

Annotation

ANALYSIS OF METHODS OF MEASUREMENT OF LIQUID LEVEL

The analysis of methods of liquid level measurement. Are diagrams of devices for measuring liquid level, which represent different measurement methods, discussed the principle of measuring liquid level, given their advantages and disadvantages. The factors which determine the error of measurement of the liquid level.

ANALYSIS OF METHODS OF MEASUREMENT OF LIQUID LEVEL

Associate professor of department of informatively - calculable technologies of electronics and engineering, candidate of engineering sciences Litvinenko Victor Nikolaevich. Kherson national technical university Berislavskoe of highway, 24, tel. 32-69-44, viktor719160@mail.ru.

Ключові слова: рівень рідини, рівнемір, ємність конденсатора, буйок, поплавок, гідростатичний тиск.

Key words: liquid level, level gauge, capacitance, displacer, float, hydrostatic pressure.