

АНАЛІЗ МАГНІТО-СТРИКЦІЙНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ

У роботі наведені результати досліджень магнітострикційного засобу контролю рівня рідини. Проаналізовані похибки контролю і показано, що основним впливовим фактором є температура рідини, яка може змінюватися в ємності за розподіленою координатою

Ключові слова: магнітострикція, контроль, рівень, похибки, температура

В работе приведены результаты исследований магнитострикционного средства контроля уровня жидкости. Проанализированы погрешности контроля и показано, что основным влияющим фактором является температура жидкости, которая может изменяться в емкости по распределенной координате

Ключевые слова: магнитострикция, контроль, уровень, погрешности, температура

The paper deals with the results of magnetostrictive liquid level control device study. Inaccuracy of control is analyzed and it's shown that the liquid temperature was the main affecting factor, that could have been changed in tank by allocated coordinate

Keywords: magnetostriction, control, level, inaccuracy, temperature

Й.І. Стенцель

Доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою*
Контактний тел.: 097-977-64-11, (0526) 42-90-13
E-mail: Stencel@sti.lqa

А.В. Томсон

Кандидат технічних наук, асистент*
Контактний тел.: (0526) 42-90-19
E-mail: atp_kaf@sti.lq.ua

О.І. Шаповалов

Аспірант*

*Кафедра комп'ютерно-інтегрованих систем управління
Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля
пр. Радянський, 59,а, Сєвєродонецьк, Луганська область, Україна, 93400
Контактний тел.: (0526) 42-90-19
E-mail: atp_kaf@sti.lq.ua

Вступ

Сучасні нафтопереробні заводи, автозаправні комплекси, хімічні та інші підприємства потребують постійного вдосконалення засобів та систем обліку рідких продуктів. Одним з важливих елементів подібних систем є засоби контролю рівня нафтопродуктів у ємностях, резервуарах і нафтоосховищах. Відповідно до нормативних документів [1] межі допустимої абсолютної похибки контролю рівня світлих нафтопродуктів не повинні перевищувати ± 2 мм. Цим вимогам відповідають засоби контролю рівня, принцип роботи яких заснований на магнітострикційному методі вимірювання. Як відомо [2], магнітострикційні засоби контролю (МСЗК) засновані на виникненні ультразвукових коливань у магнітострикційному елементі (МСЕ) при дії на нього магнітним полем. Вони мають високу точність і діапазон вимірювання рівня. Як правило, МСЗК випускаються зарубіжними фірмами і їх рекламні метрологічні характеристики далекі від реальних. У першу чергу це стосується МСЗК, які використовув-

валися на нафтопереробних та госпрозрахункових підприємствах, і потребують ремонту та періодичної повірки в органах Держстандарту.

До основних недоліків таких МСЗК слід віднести велику залежність від зміни температури, магнітного поля постійного магніту та збуджуючого електричного імпульсу, а також зміни натягу МСЕ.

Основна частина

Суть роботи МСЗК полягає в наступному. У резервуар 1 встановлюється торсійна трубка 2 з МСЕ 3. На поверхні рідини з рівнем L плаває поплавок 6 з розміщеним в ньому постійним магнітом 7. Поплавок занурений у рідину на глибину h . З метою зменшення впливу зміни температури всередині трубки 2 розташовуються термометри 4 (терморезистори або термопари). При подачі на МСЕ електричного імпульсу навколо нього створюється електричне поле 8. Коли це поле перетинає силоне магнітне поле 5, то в МСЕ виникає ефект Відемана, згідно з яким створюються

ультразвукові коливання відповідної частоти f і тривалості Δt (див. рис. 2).

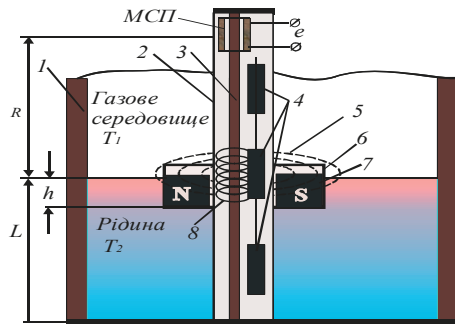


Рис. 1. Схема вимірювання рівня рідини магнітострикційним перетворювачем з температурною корекцією

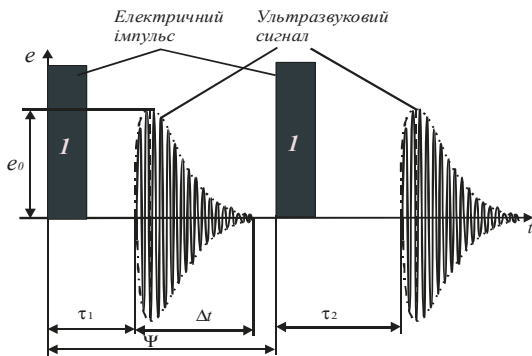


Рис. 2. Форми ультразвукових сигналів МСЕ при подачі електричного імпульсу

Як правило, в МСЗК рівень рідинного середовища вимірюється за часом τ проходження ультразвукового сигналу (УЗС) з моменту подачі електричного імпульсу 1 до моменту сприйняття УЗС магнітострикційним перетворювачем МСП. Час проходження УЗС τ_1 відповідає рівню L_1 рідини, а час τ_2 - рівню L_2 . Причому $L_1 > L_2$, $\tau_1 < \tau_2$. Таким чином, рівень рідинного середовища є зворотною функцією вимірюваного часу проходження УЗС до МСП.

Експериментальні дослідження показують, що зі зменшенням рівня рідинного середовища амплітуда УЗС e_0 зменшується, а його форма змінюється як показано на рис. 3. Зменшення рівня призводить до збільшення кута нахилу α дотичної переднього фронту УЗС і до зменшення його тривалості Δt .

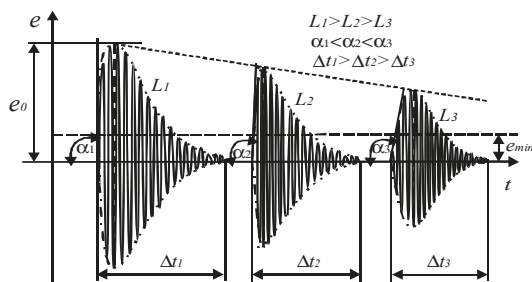


Рис. 3. Зміна амплітуди та форми сигналу в залежності від рівня рідинного середовища

Таким чином зі сказаного випливає, що при заданому рівні сигналу e_{min} , при якому закінчується відрахування тривалості пакету УЗС, появляється методична похибка вимірювання, котра обумовлена збільшенням кута нахилу α . Це приводить до того, що статичні характеристики МСЗК мають відхилення від лінійності як показано на рис. 4. Таке відхилення збільшується зі збільшенням діапазону вимірювання рівня рідини в резервуарі. Експериментальні дослідження показали, що при висоті вимірювального стовпа рідини рівним 25 м відхилення від лінійності складає більше 20%. Тому, як правило, фірми-виробники МСЗК пропонують рівнеміри для вимірювання рівня в межах від 5 мм до 4 м з різними діапазонами, для яких нормується абсолютна похибка вимірювання 1 мм. Для більш широких діапазонів вимірювання значення абсолютної похибки, як правило, не нормується. У рекламній літературі вказується до МСЗК можна використовувати для вимірювання рівня рідини від 0 до 18 м.

Верхня межа вимірювання рівня обмежена амплітудою e_0 ультразвукового сигналу. Як видно з рис. 3, зі збільшенням відстані R (див. рис. 1) до рівня рідинного середовища амплітуда e_0 УЗС зменшується і при $e_0 \leq e_{min}$ відлік часу проходження цього сигналу припиняється.

Суттєвий вплив на точність контролю рівня рідинних середовищ МСЗК чинить зміна температури як навколишнього середовища так і температури рідини. Як правило, всі зарубіжні МСЗК мають пристрої введення поправок на зміну температури.

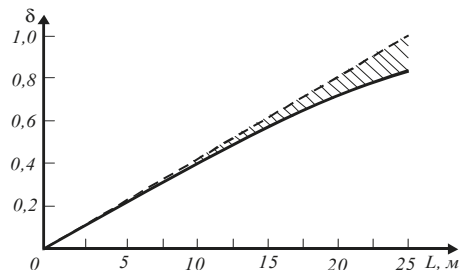


Рис. 4. Реальна статична характеристика МСЗК та її відхилення від лінійності

На рис. 1 показано МСЗК з корекцією за середнім значенням температури трьох термометрів 4, які розміщені всередині торсійної трубки 2. Один з термометрів розташовується на рівні зони газового середовища (дещо нижче від МСП), а інші по висоті трубки 2 у зоні найбільш можливого рідинного середовища. Інший спосіб введення температурної поправки до результату вимірювання МСЗК полягає в тому, що в торсійну трубку встановлюються два МСЕ, які виготовлені з різних магнітострикційних матеріалів. Такий МСЗК має два постійних зовнішніх магніти, один з яких плаває в поплавку 3 на поверхні рідини, а інший нерухомий 4 закріплений на зануреному кінці торсійної трубки як показано на рис. 5. УЗС, які створюються магнітною системою 4, є сталими і їх можна називати реперними. У таких МСЗК рівень рідини визначається за різницею часу Δt проходження УЗС від рухомої магнітної системи 3 і нерухомої 4, тобто $\Delta t = t_H - t_P$, де t_H, t_P - час проходження УЗС від нерухомої і рухомої магнітної системи відповідно. Допоміжний МСЕ 2

використовується для температурної компенсації результату вимірювання [2]. Окрім того, така конструкція МСЗК дозволяє зменшувати вплив зміни форми переднього фронту корисного УЗС.

На вимірювальну схему від МСЕ 1 поступають послідовно два УЗС з різницею в часі $\Delta t_1 = t_{1P} - t_{1H}$, де t_{1P}, t_{1H} - час проходження УЗС від плаваючої 3 і нерухомої 4 магнітної системи до МСП: перший УЗС e_{1P} від плаваючої магнітної системи, а другий e_{1H} - від нерухомої магнітної системи. Від МСЕ 2 теж поступають послідовно два УЗС з різницею в часі $\Delta t_2 = t_{2P} - t_{2H}$, де t_{2P}, t_{2H} - час проходження УЗС від плаваючої 3 і нерухомої 4 магнітної системи до МСП. Перший УЗС e_{2P} від плаваючої магнітної системи і другий e_{2H} від нерухомої магнітної системи. Так як дві магнітні системи знаходяться в рідинному середовищі, то вплив зміни температури газового середовища буде незначним.

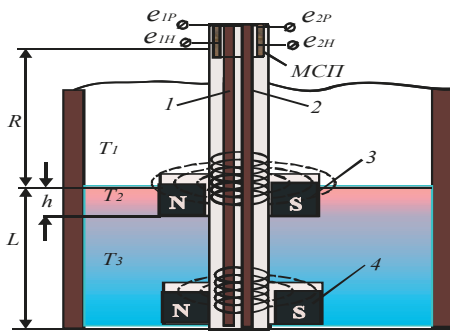


Рис.5. МСЗК з двома магнітострикційними елементами

Якщо УЗС $e_{1P} = f(P_1, T_2)$, а $e_{1H} = f(P_1, T_3)$, де $P_1 = \text{const}$ - узагальнюючий параметр вимірювальної схеми, то можуть мати місце наступні експлуатаційні варіанти зміни температури рідини:

1. $T_2 = T_3 = T, T_2 = T_0 \pm \Delta T_2, T_3 = T_0 \pm \Delta T_3, \Delta T_2 = \Delta T_3$;
2. $T_2 = T_3 = T, T_2 = T_0 \pm \Delta T_2, T_3 = T_0 \pm \Delta T_3, \Delta T_2 \neq \Delta T_3$;
3. $T_2 \neq T_3, T_2 = T_{20} \pm \Delta T_2, T_3 = T_{30} \pm \Delta T_3, \Delta T_2 = \Delta T_3$;
4. $T_2 \neq T_3, T_2 = T_{20} \pm \Delta T_2, T_3 = T_{30} \pm \Delta T_3, \Delta T_2 \neq \Delta T_3$;
5. $T_2 \neq T_3, T_2 = T_{20} \pm \Delta T_2, T_3 = T_{30}, \Delta T_3 = 0$,

де T_{20}, T_{30} - номінальні температури рідинного середовища.

Аналогічно можна записати й для МСЕ 2. Якщо прийняти, що в процесі вимірювання рівня передній фронт сигналів e_{1P} і e_{1H} не змінюється, то при температурі $T_2 = T_{20} = \text{const}$ різниця $\Delta t_1 = t_{1P} - t_{1H} = \text{const}$ і не залежатиме від зміни температури T_1 і T_3 . Основним джерелом температурної похибки для МСЗК (див. рис. 1 і 2) є залежність глибини занурення h плаваючого поплавка від густини ρ рідинного середовища, яка є функцією температури T_2 . Як відомо [3], густина рідини змінюється за наступним законом

$$\rho_2 = \rho_1 / [1 + \beta(T_2 - T_1)], \quad (1)$$

де ρ_1 - густина рідини при температурі T_1 ; ρ_2 - густина рідини при температурі T_2 ; β - коефіцієнт об'ємного розширення

Залежність між глибиною h занурення поплавка і густиною рідини описується наступною формулою [4]

$$\rho = \frac{M + (V + hS)\rho_r}{V + hS - Hq}, \quad (2)$$

де M - маса поплавка; H, S - довжина кола та площа поперечного перетину поплавка; ρ_r - густина газу, яким заповнений об'єм поплавка V ; q - капілярна стала.

Нехтуючи капілярними властивостями поплавка і враховуючи, що $\rho_r \ll \rho$, а також розклавши в ряд Тейлора рівняння (2) за висотою занурення h , маємо

$$\Delta h = \frac{(V + h_0 S)^2}{MS} \Delta \rho, \quad (3)$$

де h_0 - висота занурення поплавка при густині ρ_1 .

Приймаючи до уваги, що $\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1$, а $\Delta T = T_2 - T_1$, після підстановки в (1) отримуємо

$$\Delta \rho = \rho_1 \frac{\beta \Delta T}{1 - \beta \Delta T}. \quad (4)$$

Підставивши рівняння (4) у (3), приходимо до наступного виразу

$$\Delta h = \rho_1 \frac{\beta (V + h_0 S)^2 \Delta T}{MS (1 - \beta \Delta T)}. \quad (5)$$

З формули (5) видно, що залежність $\Delta h = f(\Delta T)$ є нелінійною. Так як $\beta \ll 1$, то добутком $\beta \Delta T$ у знаменнику рівняння (5) при незначних змінах температури можна знехтувати. Тоді у першому наближенні отримуємо вираз для абсолютної температурної похибки вимірювання рівня в такому вигляді

$$\Delta h \approx k_T \rho_1 \Delta T, \quad (6)$$

де $k_T = \beta (V + h_0 S) / MS$ - деяка температурна стала.

З (6) можна зробити наступні висновки. При охолодженні рідинного середовища (наприклад в осінньо-зимовий період) дійсне значення рівня дорівнюватиме: $L_a = L_b - \Delta h$, де L_b - виміряне його значення. І навпаки, при нагріванні рідини - $L_a = L_b + \Delta h$. Абсолютна похибка Δh збільшується при збільшенні початкової висоти h_0 занурення поплавка та об'єму V поплавка і зменшується при збільшенні його маси M . Якщо зміна температури навколишнього середовища є значною, а ємності розміщені на поверхні без термоізоляції, то нехтувати множником $\beta \Delta T$ не можна.

Вище розглянуто випадок, коли змінюється температура рідинного середовища тільки по висоті h занурення поплавка або коли температура цієї рідини рівномірно змінюється по всьому об'ємі. У цьому разі вводити температурну корекцію не викликає великої проблеми. Але, можуть бути різноманітні варіанти температурного режиму в ємностях великих розмірів. Такі температурні режими приводять до нестійких змін об'ємів рідини, а відповідно значних похибок вимірювання рівня.

При відпусканні з ємності об'єму рідини, наприклад бензину, з врахуванням (6) маємо

$$V = S_p L_T = S_p (L_1 \pm \Delta h) = S_p (L_1 \pm k_T \rho_1 \Delta T) = V_1 \pm \Delta V_T, \quad (7)$$

де V_1 - об'єм рідини при нормальній температурі T_1 в ємності; ΔV_T - зміна об'єму рідини при температурі відмінній від нормальної (абсолютна похибка).

Якщо відпускання продукту (наприклад, бензину) здійснюється за масою, то маємо

$$m = \rho V = (\rho_1 \pm \Delta \rho)(V_1 \pm \Delta V) = \rho_1 V_1 \pm \rho_1 \Delta V \pm V_1 \Delta \rho + \Delta \rho \Delta V. \quad (8)$$

Так як зі підвищенням температури об'єм збільшується, а густина зменшується, то похибка вимірювання при відпусканні продукту за масою дорівнюватиме: $\Delta m = \rho_1 \Delta V - V_1 \Delta \rho + \Delta \rho \Delta V$. Нехтуючи складовою другого

порядку і враховуючи рівняння (4) і (5), одержуємо формулу для абсолютної похибки в такому вигляді

$$\Delta m \approx \rho_1 S_p k_T \rho_1 \Delta T - \rho_1 S_p L_1 \beta \Delta T = \rho_1 S_p (k_T \rho_1 - \beta L_1) \Delta T. \quad (9)$$

З рівняння (9) випливає, що температурна похибка вимірювання Δm буде мінімальною, коли $k_T \rho_1 = \beta L_1$ або $k_T = \beta L_1 / \rho_1$.

Висновки

Магнітострикційні засоби можуть використовуватися для контролю рівня, маси, кількості нафтопродуктів та інших рідинних середовищ в різних галузях народного господарства. Температура відноситься до основних впливових факторів, якщо вимірювання рівня здійснюється за часом переносу кількості ультразвукової енергії. Температурні похибки виникають в основному за рахунок зміни густини рідинного середовища, тиску газового середовища та зміни активного опору МСЕ. Іншим впливовим фактором, який викликає значні похибки вимірювання, є зміна форми перед-

нього фронту УЗС, котра є функцією як температури рідинного середовища, так і фізичних параметрів МСЕ, висоти газового середовища, форми збуджуючого електричного імпульсу тощо.

Література

1. Об утверждении Инструкции о порядке приема, транспортировки, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на предприятиях и организациях Украины // Главбух – 2008. - № 53. – С. 10 – 79.
2. Пат. 2194953 Россия, МПК G01F23/28. Способ измерения уровня и массы жидких сред в резервуарах / Артемьев Э. А., Камнев В. И. - № 2000118919/28; заявл. 17.07.2000; опубл. 20.12.2002; Бюл. №35.
3. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 520 с.
4. Стенцель Й.И. Метрология та технологічні вимірювання в хімічній промисловості. Аналітичні прилади і методи контролю. Ч.2: Навч. посібник. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2000. – 263 с.

УДК 005.8.:005.41

МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕВЕЛОПЕРСКИМИ ПРОЕКТАМИ

Мгбере Чинви Обари

Аспирант

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

пр-т Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03680

Контактный тел.: (044) 244-96-90, 093-669-67-59

E-mail: chinwi@i.ua

Розглянуті особливості побудови систем управління девелоперськими проектами. Виділені основні проблеми управління девелопментом і запропоновано набір функцій, реалізація яких підвищить мобільність систем управління девелоперськими проектами

Ключові слова: девелопмент, управління проектами, мобільні системи

Rассмотрены особенности построения систем управления девелоперскими проектами. Выделены основные проблемы управления девелопментом и предложен набор функций, реализация которых повысит мобильность систем управления девелоперскими проектами

Ключевые слова: девелопмент, управление проектами, мобильные системы

The particularities of building of development projects management systems are considered. The basic problems of development management are outlined and a set of functions which enhance the mobility of development project management systems is proposed

Keywords: development, project management, mobile systems

1. Постановка проблемы

Становление рыночной экономики в Украине побудила к жизни многие инициативы, связанные с

формированием и увеличением капитала предпринимателей. Давно известно, что одной из наиболее доходных и стабильных сфер деятельности является недвижимость. Создание, эксплуатация, продажа или