

ПОЛІЕЛЕКТРОДНІ ЄМНІСНІ ДАТЧИКИ РІВНЯ

Робота присвячена вдосконаленню ємнісних датчиків рівня. Вимірювання рівня – поширений вимірювальний процес в нафтопереробній, нафтохімічній, хімічній та інших галузях промисловості. Засоби контролю рівня є компонентами комп'ютерних систем, а також систем автоматизації виробництва, якість яких значною мірою визначає ефективність цих систем. Від характеристик датчиків значною мірою залежать точність і надійність роботи комп'ютерних систем, а також систем управління та регулювання, приладів контролю технологічних процесів, безпека роботи літальних апаратів. Для поліпшення технічних характеристик може бути запропонований метод проектування ємнісних датчиків рівня, що полягає в варіації форми та просторового розташування електродів ємнісного датчика. На підставі методу варіації форми та просторового розташування електродів датчика запропоновані конструкції поліелектродних циліндричних датчиків рівня з поверхневими зовнішніми і внутрішніми електродами, що дозволить розширити науково-технічну базу проектування датчиків. Визначена початкова ємність датчиків рівня з поверхневими електродами..

Ключові слова: ємнісний датчик, вимірювач рівня, конформне перетворення.

V.I. GORDIENKO

Cherkasy State Technological University

POLYELECTRODES CAPACITIVE SENSORS OF LEVEL

Abstract – The work is devoted to perfection of capacitive sensors of level. Measuring the level is a common measuring process in oil refining, petrochemical, chemical and other industries. Devices of level control are the components of computer systems and automation systems, the quality of which largely determines the efficiency of these systems. The accuracy and reliability of computer systems and systems of control and regulation, devices of processes control, safety of the aircraft largely depend on the characteristics of sensors. To improve the technical characteristics the method of capacitive sensors of level designing may be proposed, which consists in variation of form and spatial location of capacitive sensor electrodes. Based on the method of variation of form and spatial location of sensor electrodes the designs of polyelectrodes cylindrical sensors of level with surface external and internal electrodes are proposed, which will expand the scientific and technical basis of sensors designing.

Key words: capacitive sensor, level meter, conformal transformation.

Вступ

Вимірювання рівня – поширений вимірювальний процес в нафтопереробній, нафтохімічній, хімічній та інших галузях промисловості. Рівень робочого середовища є технологічним параметром, інформація про який необхідна для контролю режиму роботи технологічного апарату, управління виробничим процесом. Засоби контролю рівня є компонентами комп'ютерних систем, а також систем автоматизації виробництва, якість яких значною мірою визначає ефективність цих систем [1].

Сучасні комп'ютерні системи вимагають статистичних та інформаційних даних, що дозволяють оцінити витрати, запобігти збиткам, оптимізувати управління виробничим процесом, підвищити ефективність використання сировини. Цей постійно зростаючий попит на інформацію призводить до необхідності застосування в системах контролю не простих сигналізаторів, а засобів, що забезпечують безперервне вимірювання.

Від характеристик датчиків значною мірою залежать точність і надійність роботи комп'ютерних систем, а також систем управління та регулювання, приладів контролю технологічних процесів, безпека роботи літальних апаратів [2].

Внаслідок простоти, зручності монтажу та обслуговування, відносно високої точності і надійності ємнісні датчики рівня знаходять широке застосування в промисловості.

В номенклатуру засобів вимірювання рівня входять ємнісні рівнеміри з коаксіально розташованими електродами [3].

Ємнісні датчики рівня на основі коаксіальних конденсаторів мають недолік, який полягає в тому, що в тих випадках, коли на електродах датчика залишаються краплини рідини, це призводить до збільшення похибки вимірювання і навіть відмови у роботі датчика.

Для поліпшення технічних характеристик може бути запропонований метод проектування ємнісних датчиків рівня, що полягає в варіації форми та просторового розташування електродів ємнісного датчика. Для даного методу характерно те, що змінюючи форму електродів можна отримати різні технічні характеристики ємнісних датчиків рівня. Крім того, використовуючи одні й ті ж електроди, всього лише шляхом зміни їх взаємного розташування можна досягти покращення технічних характеристик ємнісних датчиків рівня [2].

Тому **метою** даної роботи є розробка нових конструкцій ємнісних датчиків рівня для систем автоматичного контролю, що дозволить розширити науково-технічну базу проектування датчиків.

Основна частина

На рис. 1, а представлений запропонований на підставі методу варіації форми та просторового розташування електродів ємнісного датчика поліелектродний циліндричний датчик рівня з поверхневими зовнішніми електродами, який складається з діелектричного циліндра 1 і електродів 2 [4].

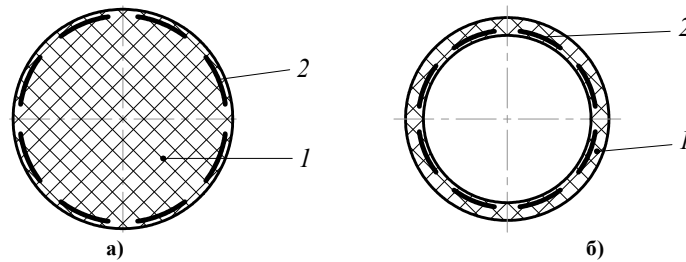


Рис. 1. Поліелектродний циліндричний датчик рівня з поверхневими зовнішніми (а) і внутрішніми (б) електродами: 1 - діелектричний циліндр; 2 - електроди

Датчик працює таким чином.

При подачі на електроди 2 напруги навколо них утворюється неоднорідне електричне поле, яке залежить від ширини електродів, відстані між ними, діелектричної проникності досліджуваної рідини, а також глибини занурення електродів 2 в рідину. Зміна глибини занурення призводить до зміни напруженості поля і, отже, ємності датчика.

На рис. 1, б представлений запропонований на підставі методу варіації форми та просторового розташування електродів датчика поліелектродний циліндричний датчик рівня з поверхневими внутрішніми електродами, який складається з діелектричної циліндричної труби 1 і електродів 2 [5].

Як відомо, однією з основних метрологічних характеристик рівнемірів будь-яких типів є статична функція перетворення (градууювальна характеристика), що описує зв'язок вихідних сигналів первинного перетворювача з поточними значеннями вимірюваної величини – рівня [1].

Для визначення початкової ємності датчиків рівня з поверхневими електродами необхідно розрахувати ємність між двома сусідніми протилежно зарядженими електродами. Скористаємося методом конформних перетворень. В основі методу лежить властивість ємності зберігати незмінним своє значення при конформних перетвореннях (інваріантність ємності щодо конформного перетворення).

Нагадаємо, що конформним називають таке геометричне перетворення площини, при якому кути між будь-якими двома пересіченими лініями залишаються незмінними, а довжина всіх нескінченно малих відрізків, що проходять через дану точку площини, змінюється в одне і те ж число раз. Конформне перетворення описується аналітичною функцією комплексного змінного за умови, що ця функція однозначна, а її похідна в відображуваній області ніде не обертається в нуль [6].

Для двох пластин нерівної ширини на межі розділу двох середовищ (рис. 2) ємність на одиницю довжини дорівнює [7]:

$$C_l = (\epsilon_1 + \epsilon_2) \frac{K'}{K}, \tag{1}$$

де K і K' – повні еліптичні інтеграли першого роду з модулями

$$k = \sqrt{\frac{(a+b+d)d}{(a+d)(b+d)}} \text{ і } k' = \sqrt{1-k^2}.$$

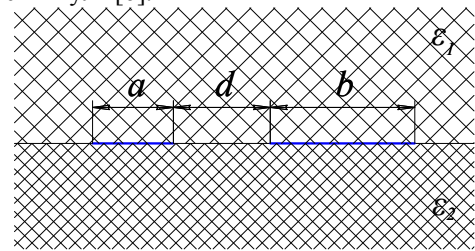


Рис. 2. Дві пластини нерівної ширини на межі розділу двох середовищ

При $a=b$ модуль k буде дорівнювати

$$k = \sqrt{\frac{(2a+d)d}{(a+d)^2}}.$$

Розподіл електричного поля в планарних конденсаторах неоднорідний. Використання методу конформних відображень на підставі перетворення Крістофеля-Шварца [8] дозволяє перетворити структуру, представлену на рис. 3, а, в прямокутник (рис. 3, б) [9].

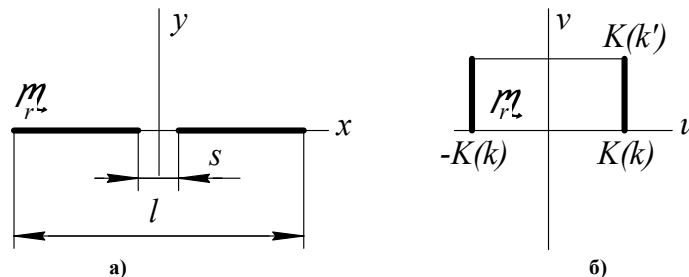


Рис. 3. Конформне відображення планарної структури: а) два плоских електроди у вільному просторі; б) результат перетворення в плоский конденсатор

Ємність плоского конденсатора без полів розсіяння (рис. 3, б) легко обчислюється [9]

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r K(k')}{2K(k)}; \quad k' = \sqrt{1-k^2}, \tag{1}$$

де $K(k)$ – повний еліптичний інтеграл першого роду; k – модуль еліптичного інтеграла; ε_0 – діелектрична проникність вільного простору; ε_r – відносна проникність середовища, в якому зосереджено електричне поле.

Для структури, показаної на рис. 3, а, маємо

$$k = \frac{S}{l}. \quad (2)$$

Таким чином, початкова ємність поліелектродного датчика рівня з поверхневими зовнішніми електродами (рис. 1, а) запишеться у вигляді

$$C = n\varepsilon_0(\varepsilon + 1) \frac{K(k')}{2K(k)}, \quad (3)$$

де n – кількість електродів; ε_0 – діелектрична постійна; ε – діелектрична проникність циліндра; $K(k)$ – повний еліптичний інтеграл першого роду; k – модуль еліптичного інтеграла;

$$K = K(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}}; \quad k = \frac{d}{2a + d}; \quad k' = \sqrt{1 - k^2};$$

d – відстань між електродами; a – ширина електродів.

Висновки

Для поліпшення технічних характеристик може бути запропонований метод проектування ємнісних датчиків рівня, що полягає в варіації форми та просторового розташування електродів ємнісного датчика. На підставі методу варіації форми та просторового розташування електродів датчика запропоновані конструкції поліелектродних циліндричних датчиків рівня з поверхневими зовнішніми і внутрішніми електродами, що дозволить розширити науково-технічну базу проектування датчиків. Визначена початкова ємність датчиків рівня з поверхневими електродами.

Література

1. Хансуваров К.И. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара / К.И. Хансуваров, В.Г. Цейтлин. – М. : Издательство стандартов, 1990. – 287 с.
2. Ёмкостные датчики / [Шарапов В.М., Минаев И.Г., Базило К.В., Сотула Ж.В., Куницкая Л.Г.]. – Черкассы : Брама-Украина, 2010. – 152 с.
3. КИПиА. Приборы для измерения уровня [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mega-watt.ru/info/kaleidoskop/>
4. Пат. 30145 Україна, МПК G01F 23/24. Ємнісний датчик рівня / Шарапов В.М., Базіло К.В. – № 200712622 ; заявл. 14.11.07 ; опубл. 11.02.08.
5. Пат. 30153 Україна, МПК G01F 23/24. Ємнісний датчик рівня / Шарапов В.М., Базіло К.В. – № 200712632 ; заявл. 14.11.07 ; опубл. 11.02.08.
6. Иоссель Ю.Я. Расчет электрической емкости / Ю.Я. Иоссель, Э.С. Кочанов, М.Г. Струнский. – Л. : Энергия, 1969. – 240 с.
7. Бинс К. Анализ и расчет электрических и магнитных полей / К. Бинс, П. Лауренсон. – М. : Энергия, 1970. – 376 с.
8. Лаврик В.И. Справочник по конформным отображениям / В.И. Лаврик, В.Н. Савельев. – К. : Наукова думка, 1970. – 252 с.
9. Вендик О.Г. Моделирование и расчет емкости планарного конденсатора, содержащего тонкий слой сегнетоэлектрика / О.Г. Вендик, С.П. Зубко, М.А. Никольский // Журнал технической физики. – 1999. – № 4.

References

1. Xansuvarov K.I., Tsejtlin V.G. Tekhnika izmereniya davleniya, kolichestva zhidkosti, gaza i para. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1990, 287 p. [in Russian]
2. Sharapov V.M., Minaev I.G., Bazilo K.V., Sotula Zh.V., Kunitskaya L.G. Emkostny'e datchiki. Cherkasy, Brama-Ukraina, 2010, 152 p. [in Russian]
3. KИPiA. Pribory dlya izmereniya urovnya. – Rezhim dostupa: <http://www.mega-watt.ru/info/kaleidoskop/>. [in Russian]
4. Pat. 30145 Ukraine, MPK G01F 23/24. Yemmisnyi datchyk rivnia / Sharapov V.M., Bazilo K.V. – No. 200712622; zaiavl. 14.11.07; opubl. 11.02.08. [in Ukrainian]
5. Pat. 30153 Ukraine, MPK G01F 23/24. Yemmisnyi datchyk rivnia / Sharapov V.M., Bazilo K.V. – No. 200712632; zaiavl. 14.11.07; opubl. 11.02.08. [in Ukrainian]
6. Iossel' Yu.Ya., Kochanov E'.S., Strunskij M.G. Raschet e'lektricheskoy emkosti. Leningrad, E'nergiya, 1969, 240 p. [in Russian]
7. Bins K., Laurenson P. Analiz i raschet e'lektricheskix i magnitny'x polej. Moscow, E'nergiya, 1970, 376 p. [in Russian]
8. Lavrik V.I., Savel'ev V.N. Spravochnik po konformny'm otobrazheniyam. Kyiv, Naukova dumka, 1970, 252 p. [in Russian]
9. Vendik O.G., Zubko S.P., Nikol'skij M.A. Modelirovanie i raschet emkosti planarnogo kondensatora, soderzhashchego tonkij sloj segnetoe'lektrika, Zhurnal texnicheskoy fiziki, 1999, No. 4. [in Russian]

Рецензія/Peer review : 27.9.2014 р.

Надрукована/Printed :29.11.2014 р.

Рецензент: д.т.н., професор В.М. Шарапов