

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ

УДК: 621.382

ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ ТА МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ТОЧНОСТІ

В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, О.С. Звягін.

Вінницький національний технічний університет.

В роботі розглянуті сучасні перетворювачі вологості нафтопродуктів та наведена їх уточнена класифікація. Наведено шляхи подальшого покращення параметрів систем вимірювання вологості. Запропоновано для вимірювання вологості нафтопродуктів використовувати частотні генератори на основі транзисторних структур з від'ємним опором замість класичних аналогово-цифрових перетворювачів.

Ключові слова: вологість, первинний сенсор, частотний перетворювач вологості, від'ємний опір.

Вступ

Визначення вологості є одним з поширених напрямків вимірювань в Україні. Це обумовлено потужним промисловим та науково-технічним потенціалом країни з переважним розвитком таких галузей, як металургія, енергетика, машинобудування, авіаційна та космічна техніка, хімічна та нафтогазова промисловість, ефективність яких значною мірою залежить від точності вимірювань вологості, температури та інших характеристик. Суттєве значення має вимірювання вологості нафти, масел та нафтопродуктів. Контроль вологості нафти необхідний у процесах її видобування, зберігання, транспортування та переробки [1]. Саме наявність вмісту вологи в нафтопродуктах викликає зміну їх фізико-хімічних параметрів і тим самим зменшує строк їхньої служби.

На даний час існує велика кількість різноманітних сенсорів для вимірювання вологості нафтопродуктів, деякі з них вражають своєю високою собівартістю та одночасно низькою надійністю інші ж застарілістю технологій вимірювання. В даній роботі наводиться один з можливих шляхів розв'язання цієї проблеми, що і складає її мету.

1. Класифікація перетворювачів вологості нафтопродуктів

Методи вимірювання вологості бувають прямі та непрямі. В прямих методах відбувається безпосереднє розділення досліджуваного матеріалу на суху речовину та вологу. В непрямих методах відбувається вимірювання величини, що функціонально пов'язана з вологістю [2-4].

Наведена класифікація перетворювачів вологості нафтопродуктів на основі прямих та непрямих методів вимірювання вологості (рис. 1) буде корисною для визначення ступеню можливості використання того чи іншого перетворювача у цифровій вимірювальній апаратурі.

Серед перетворювачів вологості нафтопродуктів, основаних на непрямих методах, мо-

жна виділити [5]: термогравіметричні, екстракційні, дистиляційні та хімічні. Найбільш поширеними є термогравіметричні, що базуються на висушуванні зразка в повітряному середовищі, до повного видалення вологи.

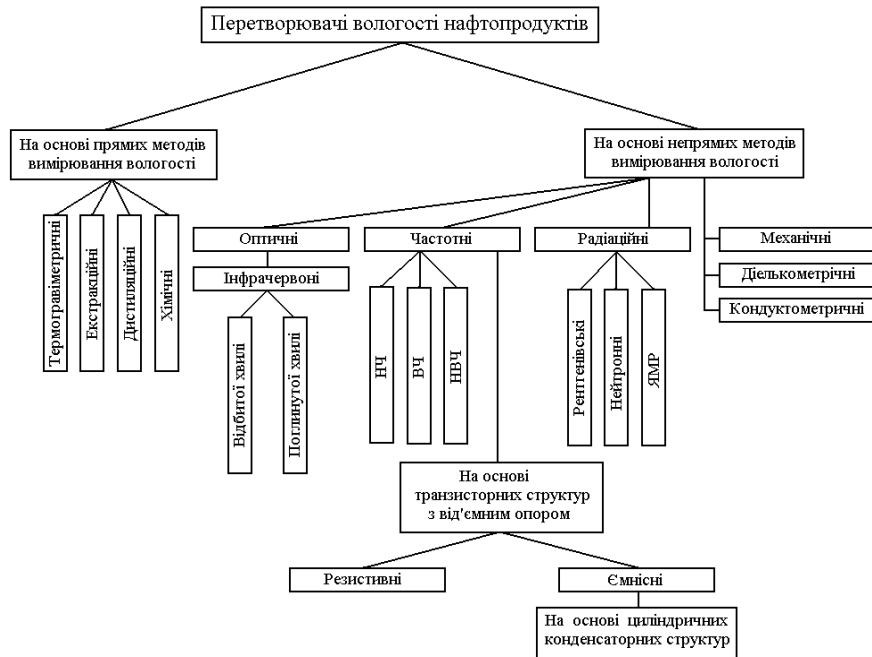


Рис. 1. Класифікація перетворювачів вологості нафтопродуктів

В дистиляційних перетворювачах відбувається підігрів певної кількості досліджуваного зразка в посудині з наступною конденсацією парів вологи та підрахунку її кількості. Екстракційні засновані на використанні реагентів, які взаємодіють з вологою, що міститься в матеріалі. Хімічні базуються на обробці нафтопродукту реагентом, який вступає в хімічну реакцію лише з водою та забезпечує зневоднення нафтопродукту за рахунок руйнування емульсії, яка утворена водою та нафтопродуктом [6].

Загальними недоліками перетворювачів вологості, що основані на прямих методах вимірювання, є необхідність відбору та спеціальної підготовки проб матеріалу, періодичність і значна тривалість процесу контролю, тому дані перетворювачі використовуються головним чином у лабораторних дослідженнях.

Перетворювачі вологості на основі непрямих методів вимірювання потребують значно менше затрат часу при визначенні вологості проби, на відміну від прямих методів вимірювання вологості, тому їм віддають перевагу, оскільки з їх допомогою можна автоматизувати контроль вологості. В даному класі перетворювачів можна виділити такі види, як механічні, оптичні, радіаційні, частотні, діелькометричні та кондуктометричні.

Так, наприклад, механічні перетворювачі вологості засновані на вимірюванні механічних характеристик матеріалів, що змінюються зі зміною його вологості.

Перспективним напрямком на даний час в розробці перетворювачів вологості нафтопродуктів є оптична вологометрія. Основою якої є здатність вологи поглинати інфрачервоне випромінювання певної довжини хвилі [6, 7]. Перевагою даних перетворювачів є висока чутливість до вимірювального параметру, низька залежність від температури навколишнього середовища, можливість неперервного контролю та безконтактний спосіб аналізу. Незважаючи на вище перераховані переваги оптичні перетворювачі мають і ряд недоліків, а саме високу собівартість, складність конструкцій, але основний недолік полягає в тому, що вологість вимірюється в поверхневому шарі, коли неоднорідність розподілення вологи по поверхні та в досліджуваній речовині, може стати причиною значних похибок вимірювання.

Радіаційні перетворювачі вологості для вимірювання використовують різноманітні види ядерних випромінювань (гама-промені, бета-частки, швидкі нейтрони). Серед радіаційних перетворювачів вологості найбільш поширеними є рентгенівські, нейтронні та перетворювачі

на основі методу ядерного магнітного резонансу (ЯМР). Рентгенівські вологоміри володіють високою чутливістю через сильне поглинання вологою рентгенівських променів. Принцип дії нейтронних вологомірів ґрунтується на здатності атомів водню уповільнювати рух швидких нейтронів при їх пружному зіткненні. У приладах на основі ЯМР відбувається резонансне поглинання радіочастотної енергії ядрами атомів водню (протонами), що містяться у воді при введенні вологого матеріалу в постійне магнітне поле.

© Основними недоліками радіаційних перетворювачів вологості є шкідлива дія випромінювання, висока собівартість, а також складність конструкції.

Досить поширеними є кондуктометричні перетворювачі вологості, в яких відбувається зміна питомої провідності (питомого опору) досліджуваного матеріалу при постійному струмі від зміни вологості [8] та діелькометричні вологоміри нафтопродуктів [9-11], дія яких ґрунтується на залежності діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат від вологості досліджуваного матеріалу. Оскільки діелектрична проникність нафтопродуктів $\epsilon_H = 2 \div 6$, а для води $\epsilon_B = 81$, то незначна зміна вологості нафтопродукту призводить до значної зміни результативної діелектричної проникності. Діелькометричні або ємнісні вологоміри в більшості випадків використовуються в якості первинних сенсорів у вимірювальних системах.

2. Використання частотного перетворювача вологості на основі транзисторних структур з від'ємним опором

На відміну від вище перерахованих перетворювачів вологості частотні перетворювачі вологості нафтопродуктів поєднують як простоту, так і універсальність, які властиві аналоговим пристроям, а також точність і завадостійкість, характерні для перетворювачів з кодовим виходом. Перетворення частотно-модульованого сигналу зводиться в основному до підрахунку періодів сигналу протягом певного часу.

В частотних перетворювачах вологості забезпечується можливість досягнення значно більших точностей вимірювання, ніж при використанні амплітудних сенсорів, а також цифрових перетворювачів [12]. Так, зразкові міри частоти можна виконати зі значно більшою стабільністю, ніж зразкові міри електричної напруги або струму. Перевага використання частотної форми вихідного інформативного сигналу пояснюється його простотою та точністю перетворення в цифровий код, зручністю при комутації в багатоканальних інформаційно-вимірювальних системах, підвищеною завадостійкістю внаслідок слабкої чутливості частотно-модульованого сигналу до наводок та завад [12].

Новим напрямком в розробці та створенні перетворювачів вологості нафтопродуктів є дослідження в області мікроелектронних частотних перетворювачів вологості на основі транзисторних структур з від'ємним опором (ЧПВО) з первинними сенсорами у вигляді циліндричних конденсаторних структур. Даний напрямок поєднує в собі багатофункціональність і простоту радіоелектронних пристроїв на основі структур з від'ємним опором [13, 14] та переваги ємнісних первинних сенсорів вологості нафтопродуктів над іншими первинними сенсорами вологості.

На рис. 2 зображено блок схему пристрою для вимірювання вологості нафтопродуктів, яка складається з первинного сенсора (резистивного або ємнісного), вимірювального перетворювача, блоку цифрової обробки та блоку індикації. В якості первинного сенсора (рис. 3) пропонується використання ємнісних сенсорів на основі циліндричних конденсаторних структур для можливості здійснення вимірювання вологості в потоці нафтопродукту, що протікає трубопроводом [9]. Вимірювальний перетворювач складається з ЧПВО та цифрового частотоміра і здійснює аналогово-цифрове перетворення між первинним сенсором та блоком цифрової обробки. В якості вимірювального перетворювача можна було б також використовувати класичні аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП), однак останні мають ряд недоліків. Так, АЦП ускладнюють конструкцію, суттєво підвищують собівартість систем контролю та управління, не завжди задовольняють висунутим вимогам по точності та надійності.

Принцип роботи пристрою на рис. 2 полягає в тому, що при зміні вологості нафтопродукту змінюється сигнал з первинного сенсора, який в свою чергу значно змінює вихідну частоту ЧПВО, яка «оцифровується» частотоміром та передається на блок цифрової обробки. В блоці цифрової обробки відповідному значенню частоти присвоюється відповідне значення вологості, що передається на блок індикації.

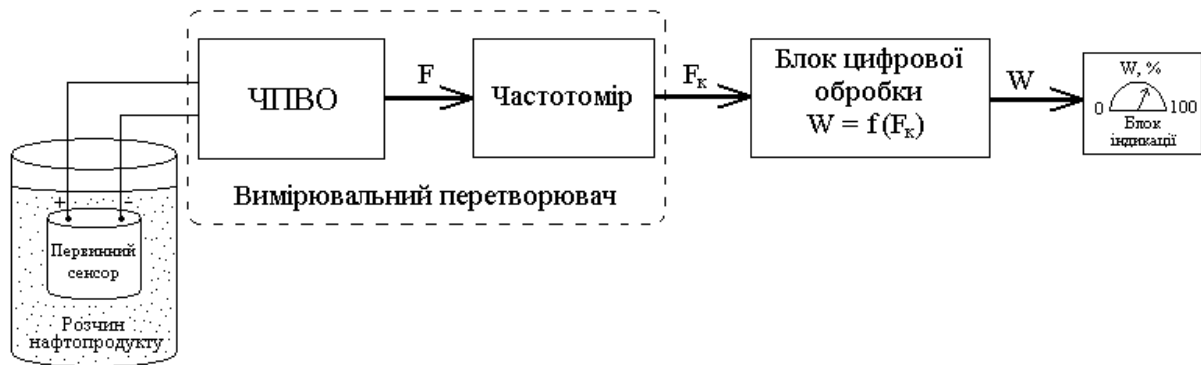


Рис. 2. Блок схема пристрою для вимірювання вологості нафтопродуктів

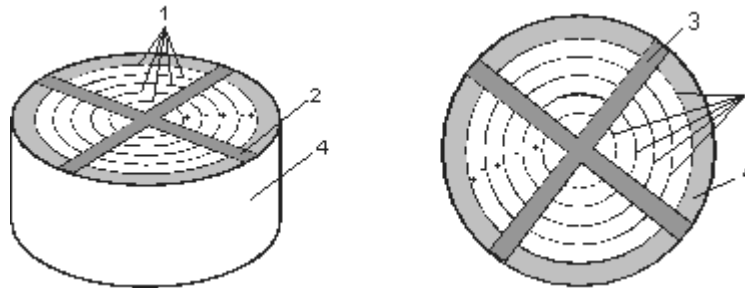


Рис. 3. Первинний сенсор [9]: 1 – система електродів; 2, 3 – хрестоподібні діелектричні фіксатори електродів; 4 – діелектрична труба

За рахунок використання ЧПВО та первинного сенсора (циліндричної конденсаторної структури) вдається досягнути високої точності перетворення «вологість-частота», а подальше перетворення частоти частотоміром має дуже низьку похибку (близько 1 Гц в мегагерцевому діапазоні – тобто 0,0001%). Заміна у вимірювальних системах АЦП на зв'язку «ЧПВО-частотомір» дозволяє отримати оцифровані показники вимірювання та уникнути похибок класичного аналогово-цифрового перетворення (похибок вибірки та квантування). Використання таких приладів дозволяє створити «інтелектуальні» вимірювальні перетворювачі в результаті поєднання на одному кристалі схем обробки інформації та ЧПВО.

Висновки

1. Подальший розвиток електроніки спричинив виникнення потреби по модернізації та покращенню приладів вимірювання та контролю вологості нафтопродуктів, оскільки використовувані в даний час системи не завжди можуть задовольнити нові висунуті вимоги.

2. Класичний шлях підвищення точності, через зменшення похибок аналогово-цифрового перетворення, тягне за собою значне збільшення вартості пристрою з одночасним його ускладненням і зменшенням надійності.

3. Ефективним шляхом розв'язання поставленої проблеми є заміна у вимірювальних системах АЦП на ЧПВО з циліндричною конденсаторною структурою, що забезпечить високу стабільність та точність перетворення «вологість-частота», малі габаритні розміри, високу чутливість до вимірювального параметру, технологічну сумісність з мікроелектронними засобами обробки інформації та низьку собівартість.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Берлинер, М. А. Измерения влажности / М. А. Берлинер – М. : Энергия, 1973. – 400 с.
2. Фрайден, Дж. Современные датчики : справочник / Дж. Фрайден. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.
3. Агеев, О. А. Микроэлектронные преобразователи неэлектрических величин. учеб. пособ. / О. А. Агеев, В. М. Мамиконова, В. В. Петров, В. Н. Котов, О. Н. Негоденко. – Таганрог : ТРТУ, 2000. – 153 с.
4. Виглеб, Г. Датчики : пер. с нем. / Г. Виглеб. – М. : Мир, 1989. – 196 с.
5. Вуйцік, В. Мікроелектронні сенсори фізичних величин : науково-навч. видання у 3 т. : Том 1 / В. Вуйцік, З. Готра, В. Григор'єв, В. Каліта, О. Мельник, Є. Потенцкі. – Л. : Ліга-Прес, 2002. – 475 с.
6. Стенцель, Й. І. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості. Аналітичні прилади і методи контролю, част. 2. : навч. посібн. / Й. І. Стенцель. – Луганськ : Східноукраїнський нац. ун-т, 2000. – 263 с.

7. Осадчук, В. С. Сенсори вологості: навч. посібн. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик. – Вінниця : Універсум–Вінниця, 2003. – 208 с.
8. Пат. 84682 Україна, МКІ G 01 N 27/12. Спосіб вимірювання електричної ємності і визначення вологості досліджуваного об'єкта та пристрій для його здійснення (варіанти) / І. Г. Грушка, Я. І. Грушка (Україна). – № 200500714; Заявл. 26.01.2005; Опубл. 25.11.2008; Бюл. № 22. – 6 с.
9. Пат. 39894 Україна, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний сенсор для вимірювання вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін (Україна). – № 200814033; Заявл. 05.12.2008; Опубл. 10.03.2009; Бюл. № 5. – 2 с.
10. Пат. 51222 Україна, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний датчик вологості / О. В. Заболотний, В. А. Заболотний, М. Д. Кошовий (Україна). – № 2002020867; Заявл. 04.02.2002; Опубл. 15.10.2004; Бюл. № 10. – 2 с.
11. Пат. 62125 Україна, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний датчик вологості / О. В. Заболотний, М. Д. Кошовий, В. А. Заболотний (Україна). – № 2002120070; Заявл. 13.12.2002; Опубл. 15.12.2003; Бюл. № 12. – 2 с.
12. Осадчук, В. С. Напівпровідникові перетворювачі інформації: навч. посібн. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 208 с.
13. Осадчук, В. С. Реактивні властивості транзисторів і транзисторних схем / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : Універсум–Вінниця, 1999. – 275 с.
14. Осадчук, В. С. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором : навч. посібн. / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 162 с.

Отримано редакцією 24.02.2010 р.

Осадчук Володимир Степанович – доктор технічних наук, професор кафедри електроніки, Вінницький національний технічний університет.

Осадчук Олександр Володимирович – доктор технічних наук, професор, зав. кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет.

Звягін Олександр Сергійович – аспірант кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет. E-mail: zviahin@rambler.ru