

А.С. Сметана

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Електронні обчислювальні машини”**ЦИФРОВИЙ БЕЗКОНТАКТНИЙ ЄМНІСНИЙ РІВНЕМІР**

© Сметана А.С., 2003

Запропоновано пристрій цифрового багатоканального безконтактного ємнісного рівнеміра. Описано основи та принципи його функціонування з обґрунтуванням деталей реалізації. Проведено аналіз переваг та недоліків і вказані основні можливі сфери його використання.

The digital, contact-less multi channel capacitance level sensor device is proposed. The basis and principles of its functionality with explanations of implementation details are described. It is also analyzed prototype's advantages and drawbacks, and pointed to main spheres of its usage.

Вимірювання рівнів рідин і сипких тіл належить до числа допоміжних контрольних операцій, що дозволяють визначити кількість рідини і сипкого матеріалу у сховищі для обліку продуктів і сигналізації при досягненні критичних рівнів в баках та бункерах. Прилади, що призначені для цієї цілі, називаються рівнемірами широкого діапазону [1].

На даному етапі розвитку науки і техніки, широко використовують різнотипні рівнеміри, принципи дії яких ґрунтуються на різноманітних фізичних явищах. Від найперших візуальних і поплавкових до мікрохвильових і радіоізотопних. Серед такого розмаїття рівнемірів існує і такий їх клас, як ємнісні. Вони призначені для вимірювання рівня електро- і неелектропровідних рідин, криогенних рідин, а також агресивних і вибухонебезпечних. Їх використовують в системах контролю, регулювання і управління виробничими процесами в різних галузях промисловості.

Прогресуючий розвиток комп'ютерних технологій, зокрема мікрокомп'ютерів, дав поштовх для їх використання при вирішенні різноманітних задач автоматизації, серед яких і задача вимірювання рівнів рідин.

Пропонується до розгляду пристрій вимірювання рівнів, який реалізований на сучасній мікроелектронній базі, в основі якого лежить принцип ємнісного рівнеміра. Принцип його дії оснований на тому, що діелектрична проникність водних розчинів солей, кислот, лугів та основ відрізняється від діелектричної проникності повітря чи водяних парів.

Для реалізації пристрою було використано конденсатор, який показано на рис. 1. На непровідну посудину циліндричної форми симетрично закріплено дві однакові металеві пластини, які виконують роль обкладинок конденсатора. Розміри (висота) пластин визначаються рівнем рідини, який необхідно вимірювати та габаритами ємності. Так отримуємо безконтактний засіб вимірювання. Якщо висота пластин набагато більша за діаметр посудини, то крайовими ефектами конденсатора можна знехтувати. Ємність такого конденсатора можна подати формулою:

$$C = C_0 + \alpha \cdot h \quad (1)$$

де C_0 – ємність конденсатора при відсутності рідини;

α – коефіцієнт, який визначається діелектричною проникністю рідини, геометрією посудини та розміщенням обкладинок конденсатора,

h – рівень рідини у посудині.

Тобто, як видно із формули (1), при збільшенні висоти стовпа рідини прямо пропорційно буде зростати і ємність конденсатора. Ця залежність лежить в основі методу вимірювання рівня рідини і реалізована у пристрої, який розглядається нижче.

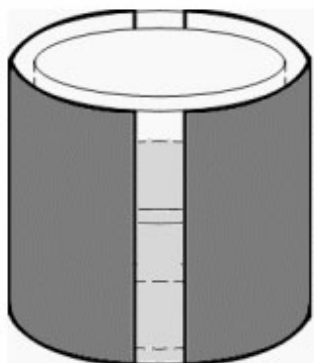


Рис. 1. Вимірювальний конденсатор пристрою

Для аналізу електричної ланки, в якій перебуває досліджуваний об'єкт, використано таку еквівалентну схему:

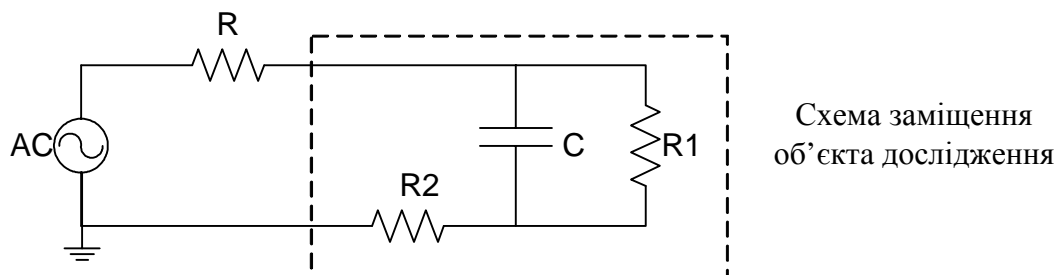


Схема заміщення об'єкта дослідження

Рис. 2. Спрощена електрична схема вузла давача рівнеміра

Це коло живиться напругою, що змінюється за гармонічним законом. При прикладанні синусоїдальної напруги до пластин конденсатора, розділених рідким діелектриком, в останньому завжди існують деякі втрати енергії, обумовлені в'язким тертям при повороті дипольних молекул, а також недосконалістю діелектрика (нааявністю у нього невеликої провідності). У схемі заміщення паралельно ємності C під'єднано резистор R_1 , втрати енергії в якому імітують втрати енергії в реальному діелектрику. Послідовно до об'єкта дослідження ввімкнено резистор R_2 , який виражає активний опір провідників. Якщо $R_1 \gg 1/(\omega C)$ і $R_2 \ll 1/(\omega C)$, то втратами енергії на даних опорах можна знехтувати.

Знаючи значення напруги збудження та напругу на конденсаторі, можна обчислити ємність конденсатора та рівень рідини в посудині. Перейдемо до розгляду структурної схеми пристрою, реалізованого практично.

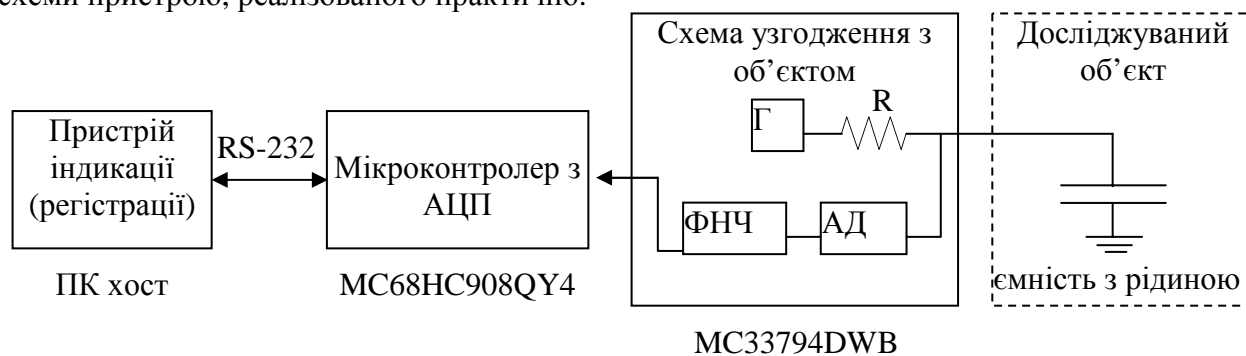


Рис. 3. Структурна схема пристрою

Пристрій складається з 4-х основних вузлів, які описуються нижче.

Досліджуваний об'єкт являє собою конденсатор, структура якого показана на рис. 1. Внутрішня частина ємності містить рідину, рівень якої може змінюватися. Для розгляду цей конденсатор зручно подати як паралельне з'єднання двох конденсаторів, заповнених повітрям чи рідиною.

Для того, щоб реалізувати залежність напруги на конденсаторі від рівня рідини в ньому, через нього пропускається струм, який змінюється за гармонічним законом. Цей сигнал формується внутрішнім генератором (Г) мікросхеми MC33794. Ця мікросхема призначена для побудови інтелектуальних систем керування подушками безпеки для автомобілів, але може мати багато інших застосувань, наприклад, в системах промислової автоматики. Один із прикладів альтернативного використання цієї мікросхеми наведено в цій статті. Сигнал з електрода конденсатора випрямляється амплітудним детектором (АД). Далі він пропускається через фільтр нижніх частот (ФНЧ), в результаті чого на виході отримуємо середнє значення сигналу за період. Ця величина формується на виході мікросхеми у вигляді відповідної аналогової напруги, яка потім вимірюється та аналізується мікроконтролером. Ця напруга на виході фільтра нижніх частот амплітудного детектора може змінюватись в діапазоні $U_{min} \dots U_{max}$. Кожному значенню напруги відповідає рівень рідини в ємності. Залежність $U(h_p)$ є нелінійною, причому максимальному значенню напруги відповідає мінімальний рівень рідини, а мінімальній напрузі – максимальний рівень. Лінеаризація здійснюється програмно мікроконтролером.

Коефіцієнти із формули (1) C_0 та α обчислюються автоматично за експериментальними даними при калібруванні рівнеміра, а максимальний рівень h_{max} задається. Дані параметри зберігаються у постійній енергонезалежній пам'яті мікроконтролера.

Мікроконтролер отримує усереднене значення напруги на конденсаторі і оцифровує його засобами вбудованого АЦП. Потім за вже відомим законом знаходять відповідний рівень рідини у ємності. У Flash-пам'яті мікроконтролера розміщено програму управління схемою узгодження з об'єктом та термінальна програма для зв'язку з пристроєм відображення (реєстрації) інформації за інтерфейсом RS-232. ПК може здійснювати опитування рівнеміра. Вузол мікроконтролера виконаний на базі мікросхеми MC68HC908QY4. Передбачено виведення інформації про рівень рідини на світлодіодний дисплей при повністю автономній роботі системи.

Шляхом тестування пристрою на взірцевих конденсаторах було встановлено відносну похибку вимірювання ємності у межах 5 %.

Наведений метод ємнісного вимірювання рівнів має свої переваги і недоліки. Серед основних переваг виділимо безконтактність, яка дасть можливість проводити вимірювання в агресивних середовищах, та реалізація на сучасній недорогій мікроелектронній базі. До недоліків можна віднести те, що посудина повинна бути непровідною (інакше необхідно застосовувати додаткові ізолятори), а також ускладнюється реалізація рівнемірів для габаритних ємностей (веде до додаткових матеріальних затрат на обкладинки). Як можливе рішення давач рівнеміра може бути виконаний у вигляді ізольованого стрижня, який розміщується в посудині. Завдяки наявності інтегрованого в MC33794 мультиплексора можлива реалізація додаткових каналів рівнеміра з мінімальними апаратними затратами.

Отже, описаний безконтактний цифровий рівнемір доповнює широку гаму ємнісних рівнемірів і може зайняти своє місце у автоматизованих системах управління технологією виробництва та в різноманітних вимірювальних системах, де необхідним параметром є рівень.

1. *Motorola Semiconductor technical data, Electric field imaging device MC33794, Motorola, 2003.* 2. *MC68HC908QY1, MC68HC908QT1, MC68HC908QY2, MC68HC908QT2, MC68HC908QY4, MC68HC908QT4 Data Sheet, Motorola, 2003.* 3. *Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник/ В.Я. Баранов, Т.Х. Безновская, В.А. Бек и др.; Под общ. ред. В.В. Черенкова. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение. 1987. – 847 с., ил.* 5. <http://www.americanmagnetics.com>, 6. <http://www.flowlineoptions.com/liquid-level.html>