

УДК 621.382

В. С. Осадчук, д. т. н., проф.; О. В. Осадчук, д. т. н., проф.; О. С. Звягін

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВОЛОГОСТІ

Показано можливість створення мікроелектронного частотного перетворювача вологості нафтопродуктів на основі транзисторної структури з від'ємним опором у поєднанні з вологочутливою конденсаторною циліндричною структурою. Отримано експериментальну функцію перетворення частотного перетворювача вологості нафтопродуктів.

Ключові слова: вологість, перетворювач вологості, конденсаторна циліндрична структура, нафтопродукт, від'ємний опір.

Вступ

Серед сенсорів різного типу особливе місце у вимірювальній техніці займають перетворювачі вологості. Питання вивчення, розробки та виробництва засобів вимірювання вологості актуальне, а особливо в таких галузях промисловості як харчова, авіаційна та космічна техніка, хімічна та нафтогазова промисловість, ефективність яких значною мірою залежить від точності вимірювання вологості. Контроль вологості нафти необхідний у процесах її видобування, зберігання, транспортування та переробки [1]. Саме наявність вмісту води в нафтопродуктах викликає зміну їх фізико-хімічних параметрів і тим самим зменшує термін їхньої служби.

Теоретичні дослідження показали, що використання транзисторних структур з від'ємним опором і реактивних властивостей напівпровідникових приладів суттєво підвищує чутливість і точність вимірювання досліджуваного сигналу, у нашому випадку вологості нафтопродуктів [2, 3].

Важливим питанням є визначення вольт-амперної характеристики частотного вологочутливого перетворювача, тому що вибір робочої точки на цій характеристиці обумовлює самозбудження і стійкість роботи автогенератора перетворювача, а також визначення залежності функції перетворення та рівняння чутливості.

Основна частина

На рис. 1 зображено електричну схему частотного перетворювача вологості нафтопродуктів (ЧПВН), вологочутливим елементом якого є конденсаторна циліндрична структура (КЦС) [4, 5]. ЧПВН складається з джерел постійної напруги U_1 та U_2 , транзисторів VT1 та VT2, вологочутливого конденсатора C_w , котушки індуктивності L_1 , обмежувального конденсатора C_1 та резисторів R_1 та R_2 .

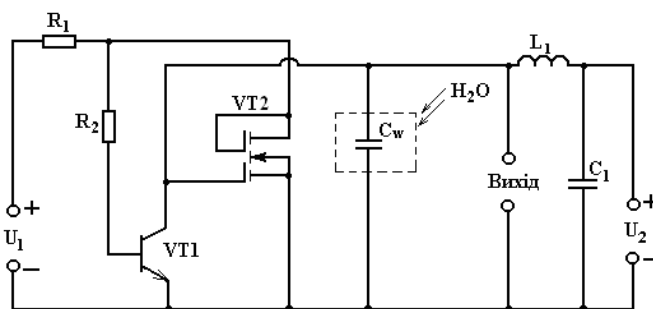


Рис. 1. Електрична схема частотного перетворювача вологості нафтопродуктів

Пристрій для визначення вологості працює таким чином. У початковий момент часу

волога не діє на КЦС C_w . З підвищенням напруги живлення U_2 до величини, коли на електродах емітер-перший затвор транзисторів VT1 та VT2 виникає від'ємний опір, який призводить до виникнення електричних коливань в контурі. Контур утворений паралельним включенням повного опору з ємнісною складовою на електродах емітер-перший затвор транзисторів VT1 та VT2 та індуктивності L_1 . При такій дії вологи на КЦС C_w змінюється ємнісна складова повного опору на електродах емітер-перший затвор транзисторів VT1 та VT2, що викликає ефективну зміну частоти коливального контуру.

За допомогою схемотехнічного моделювання в середовищі Orcad Family Release 16.0 з використанням транзисторів BF240 та BF998 було отримано вольт-амперні характеристики (ВАХ) для перетворювача вологості при різних напругах керування, які наведено на рис. 2. З характеристик видно присутність ділянки з від'ємним опором, а також спостерігаємо те, що при збільшенні напруги керування U_1 збільшується ділянка від'ємного опору. Так, при $U_1=1,2$ В ділянка від'ємного опору по U_2 лежить від 0,1 В до 0,5 В, при $U_1=1,35$ В – від 0,15 В до 1,3 В, а при $U_1=1,5$ В вона становить від 0,17 В до 1,55 В. Розбіжність теоретичних та експериментальних ВАХ складає не більше 3%.

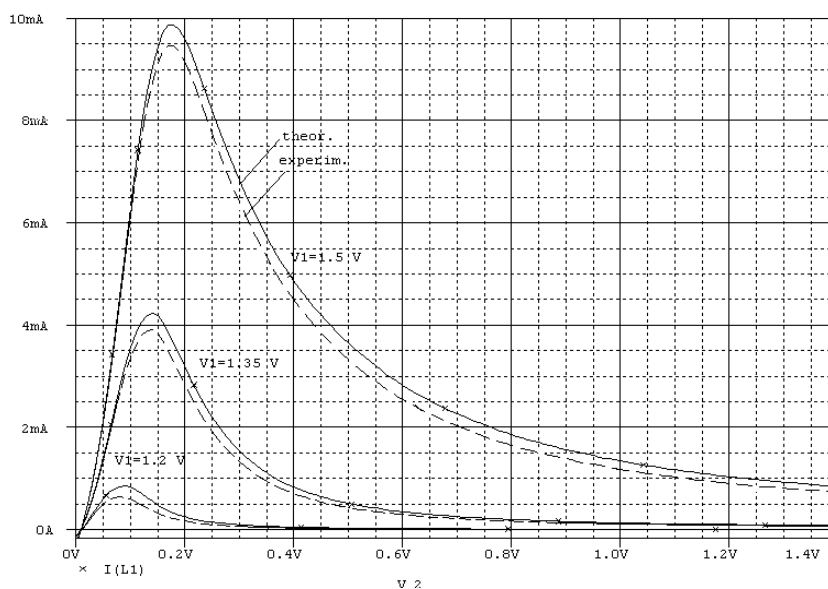
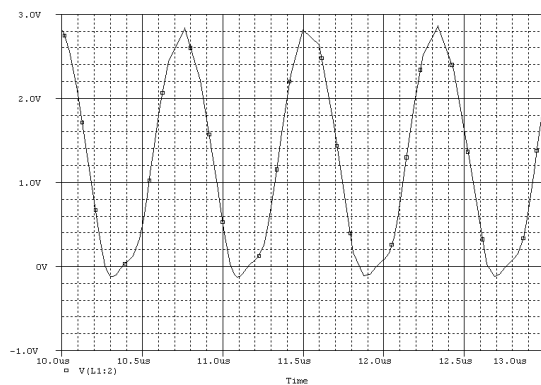


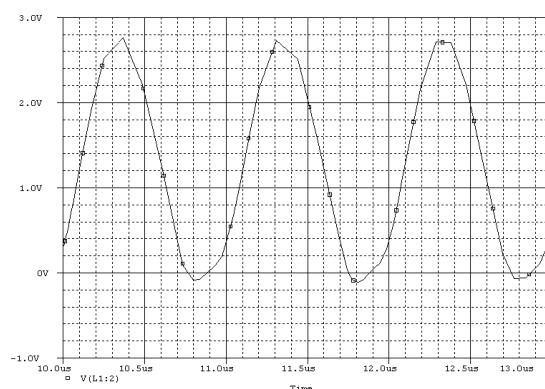
Рис. 2. ВАХ частотного перетворювача вологості

В електричній схемі ЧПВН (рис. 1) в результаті експериментальних досліджень було визначено місце розташування КЦС, де вона має найбільшу чутливість до вхідного параметра, а саме вологості нафтопродукту. Для більшої економічності та компактності краще використовувати одне джерело живлення, ніж два. З ВАХ ЧПВН було визначено, що найбільш оптимальним режимом живлення для схеми є напруга $U_1=U_2=1,25$ В.

На рис. 3 показано зміну величини напруги вихідного сигналу цього перетворювача вологості від часу в середовищі Orcad Family Release 16.0, при різних значеннях ємності КЦС $C_w=45$ пФ рис. 3а та $C_w=180$ пФ рис. 3б, при цьому напруга живлення $U_1=U_2=1,25$ В. Так при $C_w=45$ пФ частота вихідного сигналу $F=1260$ кГц, а при $C_w=180$ пФ частота вихідного сигналу $F=1040$ кГц.



а)



б)

Рис. 3. Зміна величини напруги вихідного сигналу від часу

На рис. 4 представлено експериментальну блок-схему вимірювальної установки для дослідження залежності вихідної частоти ЧПВН від вологості нафтопродуктів.

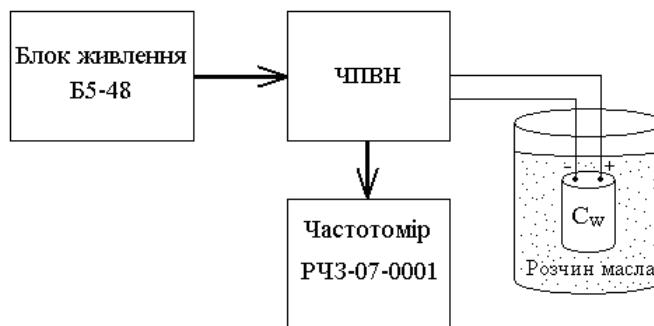


Рис. 4. Блок-схема вимірювальної установки для дослідження залежності частоти генерації перетворювача від масової вологості нафтопродуктів

У вимірювальній установці було використано вологочутливу КЦС, що зображена на рис. 5. КЦС складається з сіткоподібних електродів, які розміщені один навпроти одного таким чином, що розташування отворів у першому електроді збігається з отворами в другому електроді [5]. Електроди 1 та 2 міцно закріплені в діелектричній трубі 3, причому вони вкриті шаром полімеру 4 і містять отвори 5 для руху потоку рідини, що має діелектричні властивості. Зовнішній діаметр діелектричної труби дорівнює 50 мм, а відстань між електродами складає 1,5 мм. Для мінерального масла марки «М8В» початкова ємність при цих геометричних розмірах та при нульовій вологості $W=0\%$ рівна 20 пФ, а при $W=30\%$ – 44,5 пФ.

КЦС працює таким чином. Під час руху потоку рідини через діелектричну трубу, в якій

знаходиться вологочутливий ємнісний сенсор для вимірювання вологості, рідина через отвори 5 заповнює простір між електродами 1 і 2, які вкриті шаром полімеру 4 і жорстко закріплені в діелектричній трубці 3. Це викликає зміну діелектричної проникності ємнісного сенсора вологості. В залежності від зміни вологості вимірювальної рідини змінюється її діелектрична проникність, отже, змінюється і ємність сенсора вологості.

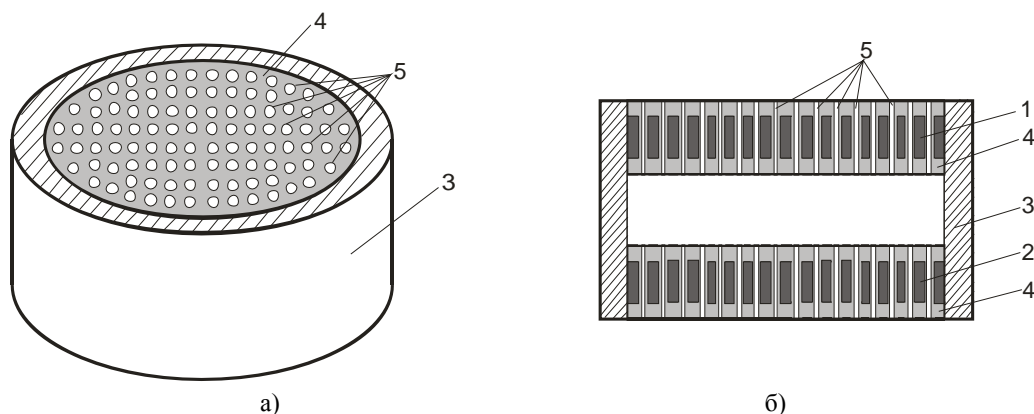


Рис. 5. Вологочутливий ємнісний сенсор для вимірювання вологості нафтопродуктів [5] загальний вигляд (а), поперечний переріз (б): 1, 2 – електроди; 3 – діелектрична труба; 4 – шар полімеру; 5 – отвори

У цьому випадку досліджувалась залежність частоти генерації від масової вологості мінерального масла "М8В". При експериментальному дослідженні залежності частоти генерації F від вологості мінерального масла «М8В» було визначено, що частота вихідного сигналу F зменшується від 1368 кГц до 1262 кГц (рис. 6) при зміні масової вологості в діапазоні від $W=0\%$ до $W=30\%$.

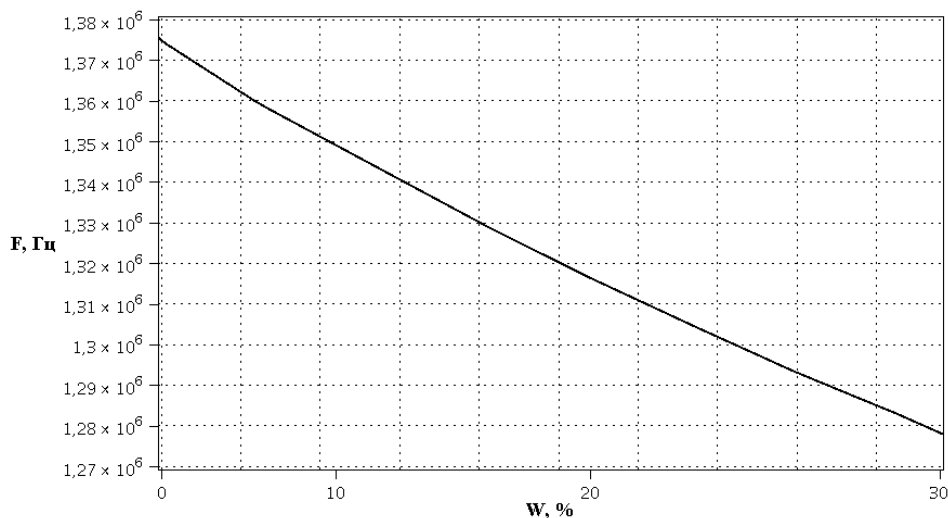


Рис. 6. Експериментальна залежність частоти генерації від вологості мінерального масла «М8В»

Для визначення чутливості мікроелектронного перетворювача вологості нафтопродуктів застосуємо кусково-лінійну апроксимацію до функції перетворення. Так чутливість перетворювача вологості при зміні вологості від 0% до 20% складає 3 кГц/%, а в діапазоні зміни вологості від 20% до 30% чутливість рівна 4,5 кГц/%.

Висновки

Показано можливість створення ЧПВН на основі транзисторної структури з від'ємним опором у поєднанні з вологочутливою конденсаторною циліндричною структурою.

Отримано експериментальну функцію перетворення ЧПВН. Чутливість розробленого перетворювача вологості при зміні вологості від 0% до 20% складає 3 кГц/%, а в діапазоні зміни вологості від 20% до 30% рівна 4,5 кГц/%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук В. С. Проблеми вимірювання вологості нафтопродуктів та метод підвищення його точності / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін // Нові технології. Науковий вісник КУЕІТУ. – 2010. – № 1. – С. 135 – 139.
2. Осадчук О. В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором: монографія / О. В. Осадчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2000. – 303 с.
3. Осадчук В. С. Реактивні властивості транзисторів і транзисторних схем : навч. посіб. для студ. ВНЗ / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 275 с.
4. Патент 40284 Україна, МПК G 01 N 27/22. Сенсор для вимірювання вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін; заявник на патентовласник Вінницький національний технічний університет. – №u200814052; заявл. 05.12.2008; опубл. 25.03.2009; Бюл. № 6.
5. Осадчук О. В. Вологочутливий ємнісний сенсор для вимірювання вологості нафтопродуктів / О. В. Осадчук, О. С. Звягін, Л. В. Крилик // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Автоматика, вимірювання та керування». – 2010. – № 665. – С. 174 – 178.

Осадчук Володимирович Степанович – д. т. н., професор кафедри електроніки.

Осадчук Олександр Володимирович – д. т. н., професор, завідувач кафедри радіотехніки, E-mail: osadchuk69@mail.ru.

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