

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет**

ЗВЯГІН ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ

УДК 621.382

**АВТОГЕНЕРАТОРНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ НА
ОСНОВІ КОНДЕНСАТОРНИХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ СТРУКТУР**

Спеціальність 05.11.13 – "Прилади і методи контролю та визначення складу речовин"

Автореферат

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Вінниця – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Осадчук Олександр Володимирович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри радіотехніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Стенцель Йосип Іванович,
Технологічний інститут Східноукраїнського національного
університету ім. В. Даля, м. Северодонецьк,
завідувач кафедри комп'ютерно - інтегрованих
систем управління;

доктор технічних наук, професор
Порєв Володимир Андрійович,
Національний технічний університет
України „КПІ”, м. Київ,
завідувач кафедри наукових, аналітичних
та екологічних приладів і систем.

Захист відбудеться " 17 " лютого 2012 р. о 12³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.02 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210 ГНК.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий " 06 " січня 2012 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

В.Ю. Кучерук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Визначення вологості у нафті та нафтопродуктах, а саме в маслах завжди було однією з головних проблем для фахівців. Вода, яка присутня в гідравлічних і мастильних рідинах, навіть в дуже малих домішках, може викликати значні пошкодження технологічних вузлів, які потребують змащування деталей. Волога присутня в мастильних матеріалах зменшує міцність плівки, що спричиняє зменшення міцності при стиранні і збільшення корозії. Вода здатна вступати в реакцію з іншими домішками присутніми в нафті та нафтопродуктах і при цьому отримані продукти реакції можуть бути небезпечні для деяких металів. Також вода наявна в нафтопродуктах збільшує всмоктування повітря та ймовірність кавітації, а в ізоляційних маслах волога, в кількості, що перевищує допустиму норму, може призвести до передчасного зносу масла та електричного пробою. Вода наявна у нафті сприяє корозії, при її транспортуванні може спотворювати покази витратомірів, а також призводить до передчасного зношення обладнання та виникнення аварійних ситуацій. Без відповідних пристроїв та засобів контролю залишені без уваги перераховані негативні ефекти можуть швидко призвести до серйозних аварій. Точність і надійність систем управління і регулювання технологічними процесами та безпека роботи промислових установок в нафтовій промисловості визначається за допомогою приладів для вимірювання та контролю вологості нафтопродуктів. Неперервний контроль вологості нафти та нафтопродуктів необхідний для прийняття успішного рішення для її забезпечення і підтримки в допустимих межах.

У нафтовій промисловості вологоміри використовуються: під час індивідуальних вимірювань у свердловинах, групових виробничих вимірюваннях, а також під час контролю зневоднювання сирової нафти в нафтоосховищах і мають відповідати ряду вимог, а саме бути економічними, мати малу вагу, габарити та енергоспоживання, бути сумісними з сучасними ЕОМ. Також одним з важливих факторів є те, що при віддаленості (іноді на великі відстані) об'єкту контролю від системи контролю вологоміри мають забезпечувати передачу сигналу на відстань. Але найголовніше вони мають забезпечувати високу точність та чутливість вимірювання. Тому виникає задача підвищення чутливості визначення вмісту вологості нафтопродуктів. Значного підвищення чутливості можна досягнути шляхом перетворення інформативного сигналу в частотний. В частотних приладах для вимірювання вологості забезпечується можливість досягнення значно більших точностей вимірювання, ніж при використанні амплітудних сенсорів. 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, можливістю бездротової передачі на відстань, зручністю при комутації в багатоканальних інформаційно-вимірювальних системах, а головне завадостійкістю.

Виходячи з вище сказаного, перспективним науковим напрямком є розробка та створення автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів в яких у якості первинного датчика використовується ємнісний датчик. В залежності від чутливості ємнісного датчика та коефіцієнта перетворення автогенератора, до якого він підключається, залежить вірогідність контролю. Для цього підходять конденсаторні циліндричні структури чутливість і точність яких залежить від конструкції, а застосування автогенераторів з від'ємним опором дозволяє компенсувати активні втрати, тобто підвищити коефіцієнт передачі. Тому, стає очевидною необхідність розробки принципів роботи і теоретичних засад створення автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур з частотним виходом, а також необхідність розробки схем, конструкцій, експериментального дослідження параметрів, оцінювання їх метрологічних характеристик, розробки мікропроцесорної системи для контролю вологості нафтопродуктів в промисловості та впровадження їх у виробничий процес.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота проводилась відповідно до держбюджетної фундаментальної науково-дослідної роботи: “Розробка математичних моделей мікроелектронних частотних перетворювачів магнітного поля на основі транзисторних структур з від'ємним опором” (НДР № державної

реєстрації 0110U002160, 2010 р.), а також згідно Програми розвитку електронної промисловості України на 2005-2010 рр. "Електроніка України-2010".

Мета і задачі дослідження

Метою роботи є забезпечення якості нафтопродуктів, шляхом контролю вологості, з дистанційною передачею результатів вимірювання.

Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі розв'язуються такі **задачі**:

1. Проаналізувати відомі вологоміри та обґрунтувати переваги автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур, з використанням в якості автогенераторів транзисторних структур з від'ємним опором, по відношенню до існуючих;

2. Розробити математичні моделі вологочутливих конденсаторних циліндричних структур, які дозволяють визначити значення вологочутливої електричної ємності;

3. Розробити вологочутливі конденсаторні циліндричні структури з сіткоподібними та циліндричними електродами;

4. Провести порівняльний аналіз методів побудови автогенераторів з врахуванням умов їх використання;

5. Розробити математичні моделі автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів, на основі яких отримати аналітичні залежності функцій перетворення та рівнянь чутливості;

6. Виконати експериментальну перевірку математичних моделей і дослідити властивості автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів від впливу вологості нафтопродуктів;

7. Розробити мікропроцесорну систему для контролю вологості нафтопродуктів на основі автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів;

8. Здійснити метрологічну оцінку похибок визначення вологості нафтопродуктів і впровадити розроблені прилади у практику.

Об'єктом дослідження є процес перетворення вологості нафтопродуктів у частотний сигнал в чутливих напівпровідникових структурах.

Предметом дослідження є статичні і динамічні характеристики автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур.

Методи дослідження ґрунтуються на використанні моделей математичної фізики та фізики напівпровідників при розробці математичних моделей автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів; диференціального та логарифмічного числення для розробки математичних моделей вологочутливих конденсаторних циліндричних структур; основних положень теорії функції комплексної змінної та теорії розрахунку нелінійних електричних кіл з використанням законів Кірхгофа для визначення функцій перетворення та рівнянь чутливості.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше отримано аналітичні залежності для вологочутливих конденсаторних циліндричних структур, які відрізняються від існуючих тим, що в них враховано вплив вологості та температури нафтопродуктів, які приводять до зміни електрофізичних параметрів (діелектричної проникності, ємності) та дозволяють визначити значення електричної ємності первинних перетворювачів вологості.

2. Удосконалено метод на основі залежності реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором від вологості для створення автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів з конденсаторними циліндричними структурами, що працюють за принципом "вологість нафтопродуктів – частота".

3. Вперше отримано аналітичні залежності функцій перетворення та рівнянь чутливості для автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур, які відрізняються від існуючих тим, що в них враховано вплив вологості нафтопродуктів на частоту коливань автогенераторів з від'ємним опором.

Практичне значення одержаних результатів

1. У результаті математичного моделювання отримані аналітичні вирази для визначення електричної ємності вологочутливих конденсаторних циліндричних структур, які можуть бути використаними для інженерного розрахунку первинних перетворювачів вологості нафтопродуктів. Отримано аналітичні вирази функцій перетворення і рівнянь чутливості розроблених засобів контролю вологості нафтопродуктів, які можуть бути використані для інженерного розрахунку автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів.

2. Розроблено вологочутливі конденсаторні циліндричні структури з сіткоподібними електродами для виміру вологості нафтопродуктів від 0 % до 30 % з чутливістю від 0,5 до 1,2 пФ/% та циліндричними електродами для виміру вологості нафтопродуктів від 0 % до 20 % з чутливістю від 5,7 до 13,5 пФ/% при похибці вимірювання 0,225 %.

3. Розроблено високочутливі засоби контролю вологості нафтопродуктів:

- на основі структури р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 0,6 до 0,85 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 1,1 до 1,73 кГц /% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 1,6 В;

- на основі структури п-р-п біполярного і двозатворного польового транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 2,6 до 4,2 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 6 до 10,9 кГц/% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 1,25 В;

- на основі структури біполярного і польового транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 3,3 до 5,2 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 8,5 до 16,7 кГц/% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 1,85 В;

- на основі структури з двох польових транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 15 до 20 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 25,7 до 43 кГц/% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 3,1 В.

4. Розроблено програмне забезпечення для моделювання та розрахунків характеристик конденсаторних циліндричних структур та автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів з урахуванням залежності параметрів елементів нелінійних еквівалентних схем приладів від впливу вологості нафтопродуктів.

5. Розроблено мікропроцесорну систему контролю вологості нафтопродуктів, що входить в систему виміру кількості та параметрів якості сирової нафти, яка використовується в нафтовій промисловості.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в ТОВ "Кредо" (м. Вінниця) та ТОВ "Немирів нафтобаза" (м. Вінниця).

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. В роботах опублікованих у співавторстві здобувачеві належать: аналіз сучасного стану розвитку приладів вологості нафтопродуктів [1], розробка математичної моделі вольт-амперної характеристики приладу для вимірювання вологості на основі двох КМДН-транзисторів з активним індуктивним елементом та її експериментальна перевірка [2], розробка математичної моделі вологочутливого ємнісного сенсора з V-подібними та трапецієподібними електродами та її експериментальна перевірка [3], розробка математичної моделі вологочутливої конденсаторної циліндричної структури з циліндричними електродами та її експериментальна перевірка [4], розробка математичної моделі вологочутливої конденсаторної циліндричної структури з сіткоподібними електродами та її експериментальна перевірка [5], розробка математичної моделі приладу для вимірювання вологості нафтопродуктів на основі структури р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів з вологочутливою конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами та її експериментальна перевірка [6], розробка математичної моделі приладу для вимірювання вологості нафтопродуктів на основі

структури біполярного і польового транзисторів з вологочутливими конденсаторними циліндричними структурами із використанням методу змінних станів та її експериментальна перевірка [7], розробка математичної моделі приладу для вимірювання вологості нафтопродуктів на основі структури n-p-n біполярного і двозатворного польового транзисторів з вологочутливою конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з використанням методу змінних станів та її експериментальна перевірка [8], розробка схеми контролю відносної вологості в газовому середовищі технологічних камер [9], розробка пристрою для вимірювання вологості [10], запропоновано електроди виконати у вигляді циліндричних пластин різного діаметру [11], запропоновано конструкцію електродів з отворами для сенсора вологості [12], розробка схеми вимірювача вологості [13], розробка схеми пристрою для визначення вологості [14], запропоновано в схемі приладу для вимірювання вологості підключення вологочутливого конденсатора до другого затвору польового транзистора [15], розробка схеми приладу для вимірювання вологості [16], комп'ютерне моделювання та експериментальне дослідження приладу для вимірювання вологості нафтопродуктів на основі структури p-n-p біполярного і двозатворного польового транзисторів [17], експериментальне дослідження приладу для вимірювання вологості нафтопродуктів на основі структури з двох польових транзисторів [18], розробка схеми частотоміра [19], розробка математичної моделі приладу для вимірювання вологості нафтопродуктів на основі структури p-n-p біполярного і двозатворного польового транзисторів з використанням методу змінних станів та її експериментальна перевірка [20], розробка математичної моделі мікроелектронного приладу для вимірювання вологості на основі структури з двох польових транзисторів з використанням методу змінних станів та її експериментальна перевірка [21], розробка мікропроцесорної системи для вимірювання вологості нафтопродуктів [22].

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що викладені в дисертації, були апробовані на наукових конференціях, серед них: Міжнародна науково-практична конференція "II-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2009)" (23—26 вересня 2009 р., м. Вінниця); IV Міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2009)" (8—10 жовтня 2009 р., м. Вінниця); X міжнародна конференція "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2010)" (19—21 жовтня 2010 р., м. Вінниця); VI Міжнародна науково-практична конференція "Дні науки - 2010" (27 березня - 5 квітня 2010 р., м. Прага); VII Міжнародна молодіжна науково-технічна конференція "Сучасні проблеми радіоелектроніки та телекомунікацій "РТ-2011"" (11—15 квітня 2011 р., м. Севастополь); XV Міжнародний молодіжний форум "Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті" (18—20 квітня 2011 р., м. Харків); V Міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2011)" (19—21 травня 2011 р., м. Вінниця); XXXVI - XL науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. (2007- 2011 р., м. Вінниця).

Публікації. Результати дисертації опубліковано у 22 наукових працях. Серед них 8 статей у науково-фахових журналах, 6 статей у науково-технічних журналах та збірниках праць науково-технічних конференцій, отримано 7 патентів України на корисну модель та 1 патент на винахід.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу і 4-х розділів, 5-ти додатків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації 214 сторінок, з яких основний зміст викладений на 150 сторінках друкованого тексту, містить 140 рисунків, 4 таблиці. Список використаних джерел складається з 145 найменування. Додатки містять результати розрахунків, фрагменти програмного забезпечення та акти впровадження результатів роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** до дисертації обґрунтовано актуальність дослідження, сформульовано мету роботи та задачі дослідження. Дана характеристика наукової новизни та практичної цінності отриманих результатів. Показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих засобів та пристроїв вологості нафтопродуктів, які займають провідне місце у вимірювальній техніці і до яких на сучасному етапі розвитку науки та техніки висувають підвищені вимоги точності, що водночас пов'язані з автоматизацією технологічних процесів.

Показано, що перспективним напрямом в розробці засобів контролю та вимірювання вологості є створення та використання автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур, з використанням в якості автогенераторів транзисторних структур з від'ємним опором, що працюють за принципом "вологість нафтопродуктів - частота". Використання від'ємного опору напівпровідникових приладів компенсує втрати в коливальному контурі, що значно підвищує чутливість приладів для вимірювання вологості нафтопродуктів та їх точність до вимірюваного параметру - вологості нафтопродуктів. При цьому існує перевага використання в якості інформативного сигналу засобу контролю частоти над його аналоговою формою, у вигляді напруги або струму, що обумовлена простотою та точністю перетворення частоти в цифровий код, його високою завадостійкістю при передачі та ефективністю комутації в багатоканальних вимірювальних системах. На основі аналізу існуючих літературних джерел уточнено класифікацію приладів для вимірювання вологості нафтопродуктів.

У **другому розділі** розроблено первинні перетворювачі вологості нафто-продуктів на основі конденсаторних циліндричних структур (КЦС), а саме вологочутливої КЦС з сіткоподібними електродами (СЕ) та вологочутливої КЦС з циліндричними електродами (ЦЕ).

На рис. 1 наведено КЦС з СЕ, яка складається з сіткоподібних електродів, які розміщені один навпроти одного таким чином, що розташування отворів у першому електроді співпадає з отворами в другому електроді. 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.

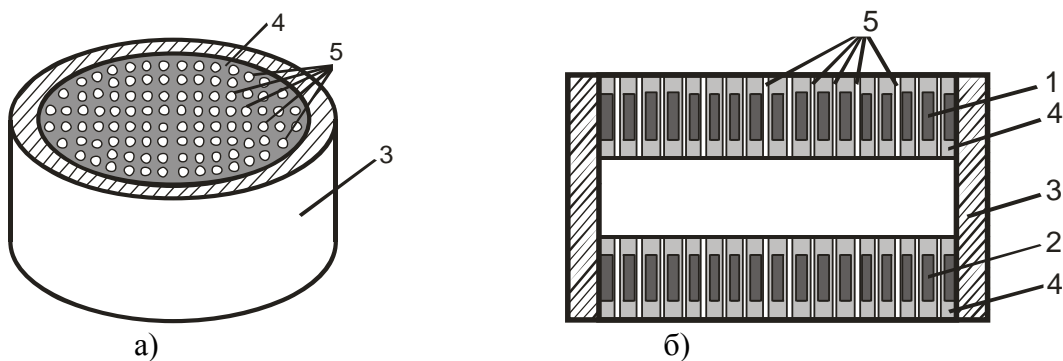


Рис. 1. Вологочутлива КЦС із СЕ для вимірювання вологості нафтопродуктів а) загальний вигляд, б) поперечний переріз: 1, 2 – електроди; 3 – діелектрична труба; 4 – шар полімеру; 5 – отвори

Рідина через отвори 5 заповнює простір між електродами 1 і 2, що викликає зміну діелектричної проникності вологочутливої КЦС. В залежності від зміни вологості вимірювальної рідини змінюється її діелектрична проникність, отже, змінюється і ємність вологочутливої КЦС.

На основі математичного моделювання отримано аналітичний вираз (1), який описує залежність ємності вологочутливої КЦС з СЕ від вологості нафтопродуктів

$$C_w(W, T) = \frac{\varepsilon_i \varepsilon_n \varepsilon_0 (\pi R^2 - p \pi R_0^2)}{d(\beta_1 \varepsilon_n + \beta_2 \varepsilon_i)}, \quad (1)$$

де $\varepsilon_{\bar{n}}(W, T)$ - діелектричну проникність гетерогенної суміші води та нафтопродукту; ε_i - діелектрична проникність полімеру; β_1 - об'ємна концентрація шару полімеру між електродами; β_2 - об'ємна концентрація гетерогенної суміші води та нафтопродукту; ε_0 - діелектрична проникність вакууму, Ф/м; R_0 - радіус отвору, м; p - кількість отворів у електроді; R - радіус електрода, м; d - відстань між електродами, м.

На рис. 2 зображено теоретичну та експериментальну залежність ємності вологочутливої КЦС з СЕ від вологості нафти з туркменського родовища.

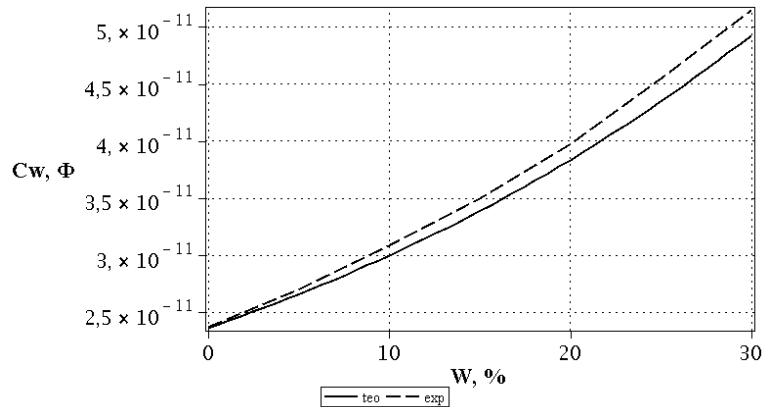


Рис. 2. Теоретична та експериментальна залежність ємності вологочутливої КЦС з СЕ від вологості нафти

На рис. 3 наведено КЦС з ЦЕ, що являє собою систему електродів, які виконані у вигляді циліндричних пластин різного діаметру та закріплені у діелектричній трубці. Система електродів 1 міцно з'єднана хрестоподібними діелектричними фіксаторами електродів 2 і 3, які прикріплено до діелектричної труби 4.

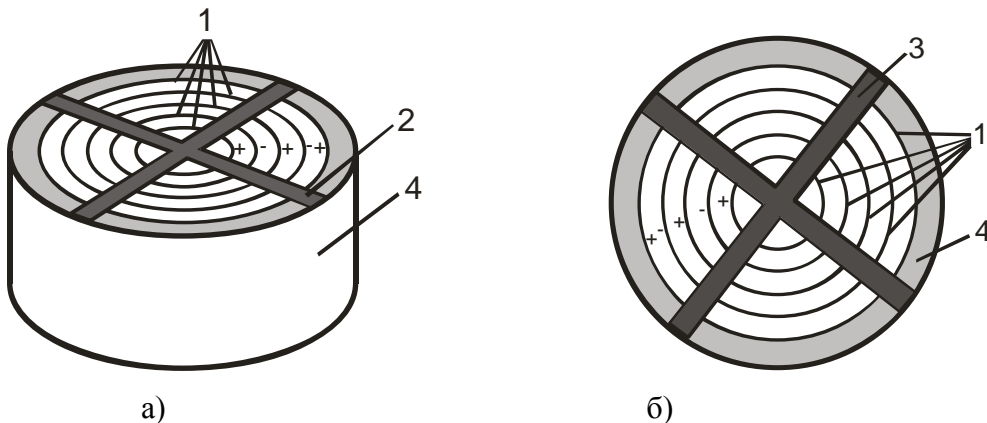


Рис. 3. Вологочутлива КЦС з ЦЕ для вимірювання вологості нафтопродуктів
а) загальний вигляд, б) вид знизу: 1 - система електродів; 2, 3 - хрестоподібні діелектричні фіксатори електродів; 4 - діелектрична труба

Рідина заповнює простір між електродами позитивної та негативної полярності, що викликає зміну діелектричної проникності та призводить до зміни ємності вологочутливої КЦС з ЦЕ.

На основі математичного моделювання отримано аналітичний вираз (2), який описує залежність ємності вологочутливої КЦС з ЦЕ від вологості нафтопродуктів

$$C_w(W, T) = \left(b + \sqrt{b^2 + \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{2}} \right) \cdot \varepsilon_0 \cdot 2\pi \cdot l \times$$

$$\times \left[\frac{1}{\ln\left(\frac{R_4}{R_3+d}\right)} + \frac{1}{\ln\left(\frac{R_3}{R_2+d}\right)} + \frac{1}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1+d}\right)} + \frac{1}{\ln\left(\frac{R_1}{R_0+d}\right)} \right] \quad (2)$$

$$\text{де } b = \frac{1}{4} \left(\left(\frac{3W \cdot \rho}{(100-W)\rho_{H_2O} + W\rho} - 1 \right) \varepsilon_1 + \left(2 - \frac{3W \cdot \rho}{(100-W)\rho_{H_2O} + W\rho} \right) \varepsilon_2 \right);$$

ε_1 – діелектрична проникність води; ε_2 – діелектрична проникність нафтопродукту; ρ_{H_2O} – густина води; ρ – густина нафтопродукту; W – масова вологість; ε_0 – діелектрична проникність вакууму; l – довжина системи електродів; d – товщина електроду; R_0, R_1, R_2, R_3, R_4 – радіуси електродів від найменшого до найбільшого.

На рис. 4 подано теоретичну та експериментальну залежність ємності вологочутливої КЦС з ЦЕ від вологості нафти з туркменського родовища.

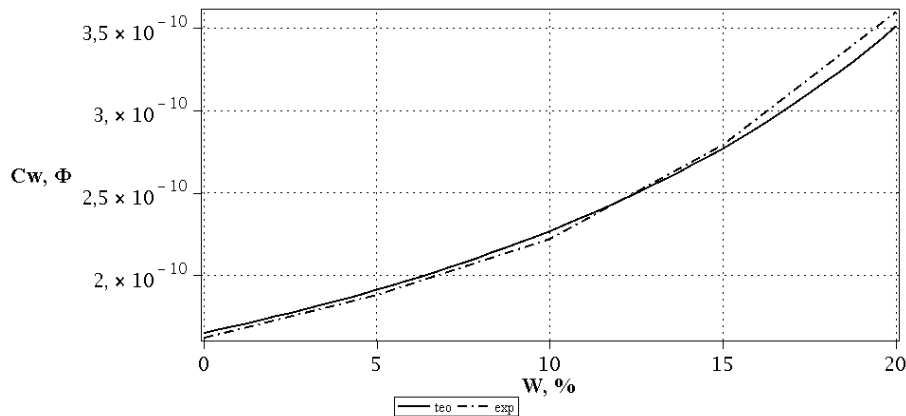


Рис. 4. Теоретична та експериментальна залежність ємності вологочутливої КЦС з ЦЕ від вологості нафти

У **третьому розділі** розроблено автогенераторні засоби контролю вологості нафтопродуктів на основі структур: р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів; п-р-п біполярного і двозатворного польового транзисторів; біполярного і польового транзисторів; з двох польових транзисторів. Розроблено математичні моделі автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі КЦС, що дало змогу отримати аналітичні залежності рівнянь чутливості та функцій перетворення вологості нафтопродуктів у частоту. Моделі, на відміну від існуючих, виконані в часовому домені, що дає можливість визначати зміну величини струмів і напруг в часі, а також спостерігати форму коливань.

Електричну схему засобу контролю вологості нафтопродуктів на основі структури р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів подано на рис. 5. При дії вологи на вологочутливу КЦС змінюється ємнісна складова повного опору на електродах емітер-перший затвор транзисторів VT2 та VT1, що викликає ефективну зміну частоти коливального контуру.

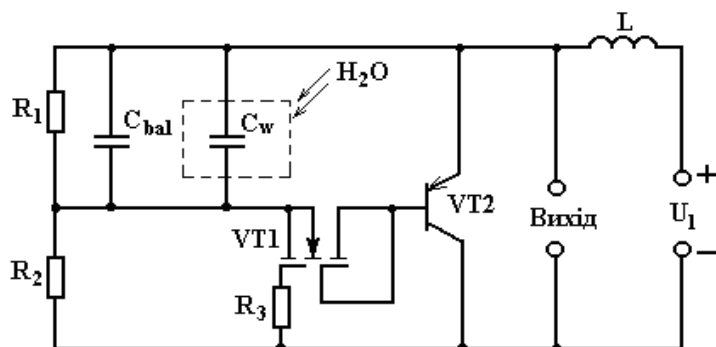


Рис. 5. Електрична схема вологоміра на основі структури р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів

Функція перетворення визначається з еквівалентної схеми приладу і описується виразом

$$F = \frac{\sqrt{2} \sqrt{LC_c C_i(W, T)} \cdot \left((R_{ds}^2 C_{ds} - L) \cdot C_c C_i(W, T) + R_{ds}^2 A_1 + \sqrt{A_2} \right)}{4\pi L C_i(W, T) C_c R_{ds} C_{ds}}, \quad (3)$$

де $A_1 = C_{ds}^2 (C_c + C_i(W, T))$;

$$A_2 = R_{ds}^4 C_{ds}^2 C_c^2 C_i^2(W, T) + 2R_{ds}^4 C_{ds}^3 C_c C_i(W, T)(C_c + C_i(W, T)) - 2LR_{ds}^2 C_{ds}^2 C_c^2 C_i^2(W, T) + R_{ds}^4 C_{ds}^4 (C_c^2 + 2C_c + C_i^2(W, T)) + 2LR_{ds}^2 C_{ds}^2 C_c C_i(W, T)(C_c + C_i(W, T)) + L^2 C_c^2 C_i^2(W, T);$$

$C_i(W, T) = C_w(W, T) + C_{bal}$; R_{ds} - опір стік-витік; C_c - ємність колекторного переходу; \tilde{N}_{ds} - ємність стік-витік; C_{bal} - баластна ємність; $C_w(W, T)$ - ємність вологочутливої КЦС; L - індуктивність.

Графічні залежності функції перетворення вологоміра на основі структури р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів подані на рис. 6 та рис. 7.

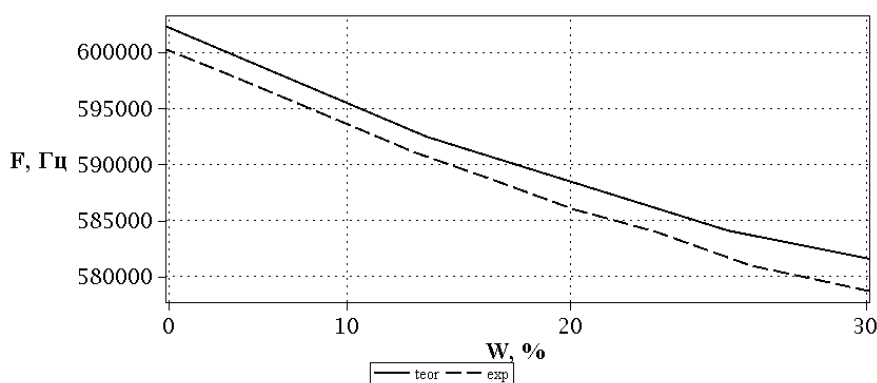


Рис. 6. Теоретична та експериментальна функція перетворення вологоміра з КЦС із СЕ для нафти

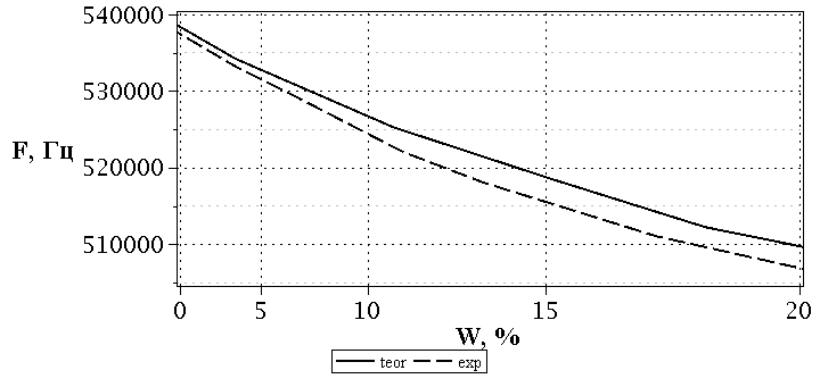


Рис. 7. Теоретична та експериментальна функція перетворення вологоміра з КЦС із ЦЕ для нафти

Чутливість приладу описується виразом

$$S_W^F = \frac{\sqrt{2} \left(B_6 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W} + LC_c C_i(W, T) \right) \left(B_3 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W} + \frac{B_4 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{B_2} \right)}{8 \cdot \left(B_5 \sqrt{LC_c C_i(W, T)(B_2 + B_1)} - \frac{\sqrt{2} \sqrt{B_6 C_i(W, T)} \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{4B_5 C_i(W, T)} \right)}, \quad (4)$$

де $B_1 = R_{ds}^2 C_{ds}^2 (C_c + C_i(W, T)) + (C_c C_i(W, T))(R_{ds}^2 C_{ds} - L)$,

$$B_2 = \sqrt{R_{ds}^4 C_{ds}^2 C_c^2 C_i^2(W, T) + 2R_{ds}^4 C_{ds}^3 C_c C_i(W, T)(C_c + C_i(W, T)) - 2LR_{ds}^2 C_{ds} C_c^2 C_i^2(W, T) + R_{ds}^4 C_{ds}^4 (C_c^2 + 2C_c + C_i^2(W, T)) + 2LR_{ds}^2 C_{ds}^2 C_c C_i(W, T)(C_c + C_i(W, T)) + L^2 C_c^2 C_i^2(W, T)}$$

$$B_3 = R_{ds}^2 C_{ds} C_c + R_{ds}^2 C_{ds}^2 - LC_c;$$

$$B_4 = R_{ds}^4 C_{ds}^2 C_c^2 (C_i(W, T) + C_{ds}) - 2LR_{ds}^2 C_{ds} C_c^2 C_i(W, T) + L^2 C_c^2 C_i(W, T) + R_{ds}^2 C_{ds}^2 C_c (2C_i(W, T)(R_{ds}^2 C_{ds} + L) + LC_c) + R_{ds}^4 C_{ds}^4 (C_i(W, T) + C_c);$$

$$B_5 = \pi LR_{ds} C_{ds} C_c C_i(W, T); \quad B_6 = LC_c (B_2 + B_1).$$

Графік залежності чутливості від величини вологості нафти представлений на рис. 8.

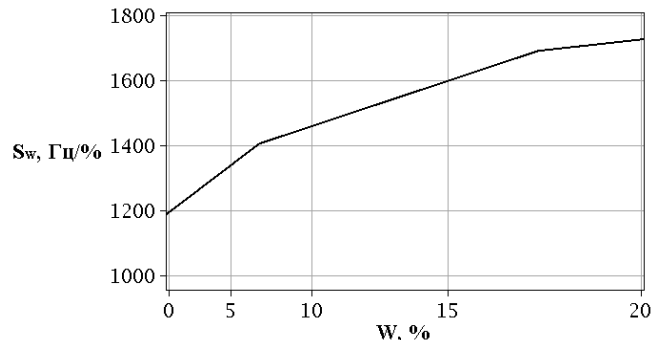


Рис. 8. Залежність чутливості від зміни вологості нафти

З рис. 8 видно, що із зміною вологості нафти з туркменського родовища від 0 до 20 %, чутливість змінюється від 1202 до 1720 Гц/%.

Для досягнення більших значень чутливості були розроблені схеми засобів контролю вологості нафтопродуктів, що зображені на рис. 9 та рис.10. Так, на рис. 9 зображено електричну схему вологоміра на основі структури п-р-п біполярного і двозатворного польового транзисторів. Розраховано аналітичний вираз для функції перетворення (5) і рівняння чутливості (6)

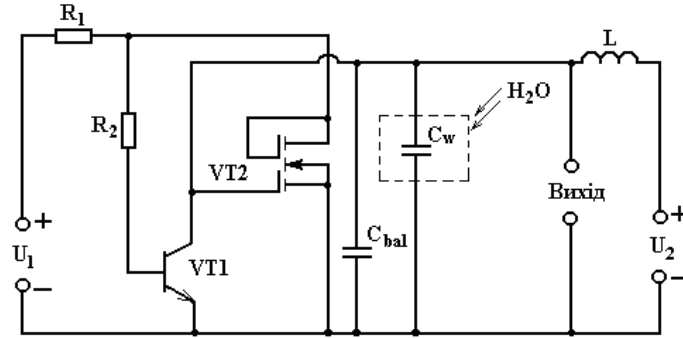


Рис. 9. Електрична схема вологоміра на основі структури п-р-п біполярного і двозатворного польового транзисторів

$$F = \frac{\sqrt{LC_c C_e C_i(W, T)(C_c C_e + C_c C_i(W, T) + C_e C_i(W, T))}}{2\pi LC_c C_e C_i(W, T)}; \quad (5)$$

$$S_W^F = \frac{LB_1 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W} + LC_e C_c C_i(W, T)(C_c + C_e) \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{4 \cdot \left(\pi LB_2 C_c C_e C_i(W, T) - \frac{B_2 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{2\pi LC_c C_e C_i^2(W, T)} \right)}, \quad (6)$$

де $B_1 = C_c C_e (C_c C_e + C_c C_i(W, T) + C_e C_i(W, T))$;

$B_2 = \sqrt{LC_c C_e C_i(W, T)(C_c C_e + C_c C_i(W, T) + C_e C_i(W, T))}$.

На рис. 10 наведено електричну схему вологоміра на основі структури біполярного і польового транзисторів, а також розраховано аналітичний вираз для функції перетворення (7) та рівняння чутливості (8)

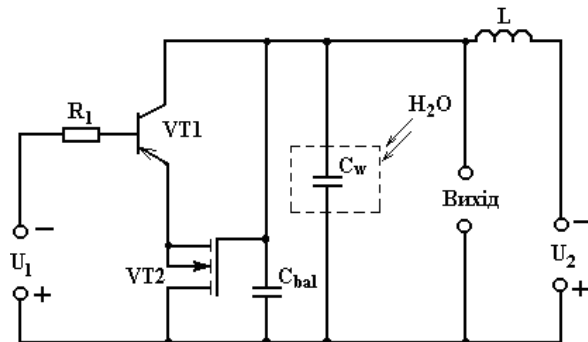


Рис. 10. Електрична схема вологоміра на основі структури біполярного і польового транзисторів

$$F = \frac{\sqrt{2} \sqrt{LC_i(W, T)(R_{ds}^2 C_{ds} C_i(W, T) + R_{ds}^2 C_{ds}^2 - LC_i(W, T) + \sqrt{A})}}{4\pi LC_i(W, T) R_{ds} C_{ds}}, \quad (7)$$

де $A = R_{ds}^4 C_{ds}^2 C_i^2(W, T) + 2R_{ds}^4 C_{ds}^3 C_i(W, T) - 2LR_{ds}^2 C_{ds} C_i^2(W, T) + R_{ds}^4 C_{ds}^4 + 2LR_{ds}^2 C_{ds}^2 C_i(W, T) + L^2 C_i^2(W, T)$.

$$S_W^F = \frac{\sqrt{2} \left(B_6 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W} + LC_i(W, T) \left(B_3 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W} + \frac{B_4 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{B_2} \right) \right)}{8 \cdot \left(B_5 \sqrt{LC_i(W, T)(B_2 + B_1)} - \frac{\sqrt{2} \sqrt{B_6 C_i(W, T)} \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{4B_5 C_i(W, T)} \right)}, \quad (8)$$

де $B_1 = R_{ds}^2 C_{ds} C_i(W, T) + R_{ds}^2 C_{ds}^2 - LC_i(W, T)$;

$$B_2 = \sqrt{R_{ds}^4 C_{ds}^2 C_i^2(W, T) + 2R_{ds}^4 C_{ds}^3 C_i(W, T) - 2LR_{ds}^2 C_{ds} C_i^2(W, T) + R_{ds}^4 C_{ds}^4 + 2LR_{ds}^2 C_{ds}^2 C_i(W, T) + L^2 C_i^2(W, T)};$$

$B_3 = R_{ds}^2 C_{ds} - L$; $B_4 = R_{ds}^4 C_{ds}^2 (C_i(W, T) + C_{ds}) + LR_{ds}^2 C_{ds} (C_{ds} - 2C_i(W, T)) + L^2 C_i(W, T)$; $B_5 = \pi LR_{ds} C_{ds} C_i(W, T)$; $B_6 = L(B_2 + B_1)$.

Для досягнення більших значень чутливості ніж у попередніх засобів контролю вологості запропоновано електричну схему рис.11 вологоміра на основі структури з двох польових транзисторів. При дії вологи на вологочутливу КЦС змінюється ємнісна складова повного опору на електродах стік-стік транзисторів VT1 та VT2, що викликає ефективну зміну частоти коливального контуру.

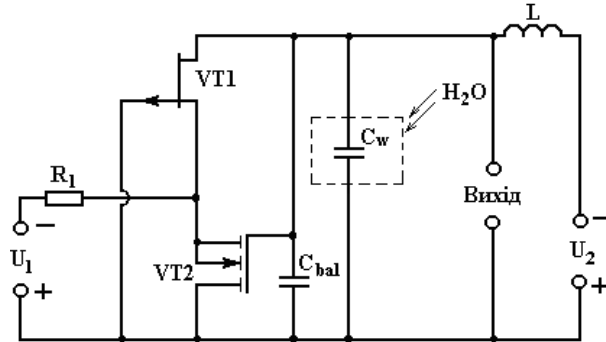


Рис. 11. Електрична схема вологоміра на основі структури з двох польових транзисторів

Функція перетворення визначається з еквівалентної схеми приладу і описується виразом

$$F = \frac{\sqrt{2} \sqrt{LC_{s2} C_i(W, T)} \cdot \left((R_{ds2}^2 C_{ds2} - L) \cdot C_{s2} C_i(W, T) + R_{ds2}^2 A_1 + \sqrt{A_2} \right)}{4\pi LC_i(W, T) C_{s2} R_{ds2} C_{ds2}}, \quad (9)$$

де $A_1 = C_{ds2}^2 (C_{s2} + C_i(W, T))$;

$$A_2 = R_{ds2}^4 C_{ds2}^2 C_{s2}^2 C_i^2(W, T) + 2R_{ds2}^4 C_{ds2}^3 C_{s2} C_i(W, T)(C_{s2} + C_i(W, T)) - \\ - 2LR_{ds2}^2 C_{ds2}^2 C_{s2}^2 C_i^2(W, T) + R_{ds2}^4 C_{ds2}^4 (C_{s2}^2 + 2C_{s2} + C_i^2(W, T)) + \\ + 2LR_{ds2}^2 C_{ds2}^2 C_{s2} C_i(W, T)(C_{s2} + C_i(W, T)) + L^2 C_{s2}^2 C_i^2(W, T);$$

R_{ds1}, R_{ds2} - опори стік-витік; $\tilde{N}_{ds1}, \tilde{N}_{ds2}$ - ємності стік-витік; C_{s2} - ємність витоку другого польового транзистора.

Графічні залежності функції перетворення вологоміра на основі структури з двох польових транзисторів подані на рис. 12 та рис. 13.

Чутливість приладу описується виразом

$$S_W^F = \frac{\sqrt{2} \left(LC_{s2}(B_2 + B_1) \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W} + B_6 \left(B_3 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W} + \frac{B_4 \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{B_2} \right) \right)}{8 \cdot \left(B_5 \sqrt{B_6(B_2 + B_1)} - \frac{\sqrt{2} \sqrt{B_6(B_2 + B_1)} \frac{\partial C_i(W, T)}{\partial W}}{4B_5 C_i(W, T)} \right)}, \quad (10)$$

$$\text{де } B_1 = R_{ds2}^2 C_{ds2}^2 (C_{s2} + C_i(W, T)) + (C_{s2} C_i(W, T))(R_{ds2}^2 C_{ds2} - L);$$

$$B_2 = \sqrt{R_{ds2}^4 C_{ds2}^2 C_{s2}^2 C_i^2(W, T) + 2R_{ds2}^4 C_{ds2}^3 C_{s2} C_i(W, T)(C_{s2} + C_i(W, T)) - \\ - 2LR_{ds2}^2 C_{ds2}^2 C_{s2}^2 C_i^2(W, T) + R_{ds2}^4 C_{ds2}^4 (C_{s2}^2 + 2C_{s2} + C_i^2(W, T)) + \\ + 2LR_{ds2}^2 C_{ds2}^2 C_{s2} C_i(W, T)(C_{s2} + C_i(W, T)) + L^2 C_{s2}^2 C_i^2(W, T)}$$

$$B_3 = R_{ds2}^2 C_{ds2} C_{s2} + R_{ds2}^2 C_{ds2}^2 - LC_{s2};$$

$$B_4 = R_{ds2}^4 C_{ds2}^2 C_{s2}^2 (C_i(W, T) + C_{ds2}) - 2LR_{ds2}^2 C_{ds2} C_{s2}^2 C_i(W, T) + L^2 C_{s2}^2 C_i(W, T) + \\ + R_{ds2}^2 C_{ds2}^2 C_{s2} (2C_i(W, T)(R_{ds2}^2 C_{ds2} + L) + LC_{s2}) + R_{ds2}^4 C_{ds2}^4 (C_i(W, T) + C_{s2});$$

$$B_5 = \pi LR_{ds2} C_{ds2} C_{s2} C_i(W, T); B_6 = LC_{s2} C_i(W, T).$$

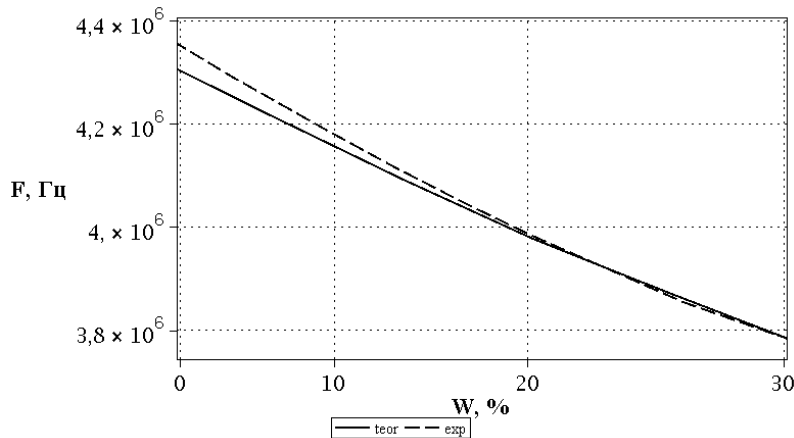


Рис. 12. Теоретична та експериментальна функція перетворення вологоміра з ККС із СЕ для нафти

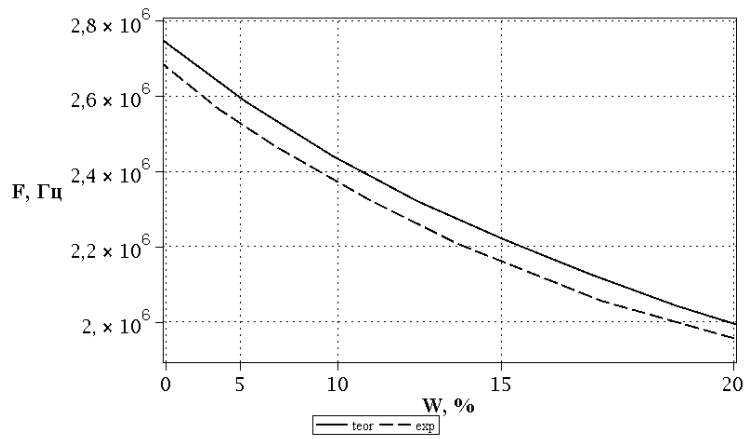


Рис. 13. Теоретична та експериментальна функція перетворення вологоміра з КЦС із ЦЕ для нафти

Графік залежності чутливості від вологості нафти представлений на рис. 14.

З рис. 14 видно, що із зміною вологості нафти з туркменського родовища від 0 до 20 %, чутливість змінюється від 25900 до 42100 Гц/%.

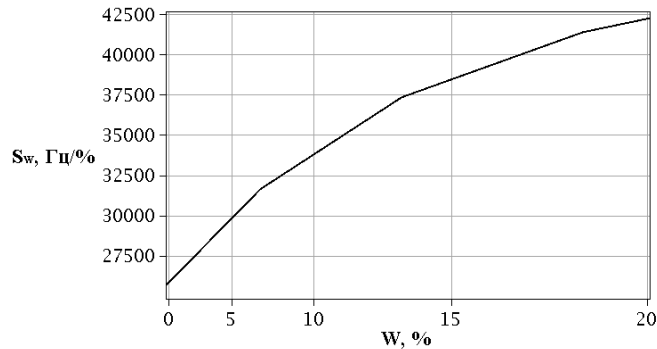


Рис. 14. Залежність чутливості від зміни вологості нафти

У четвертому розділі запропоновано застосування автогенераторного засобу контролю вологості нафтопродуктів в нафтовій промисловості, а саме у системі виміру кількості та параметрів якості сирої нафти.

Розроблено мікропроцесорну систему для контролю та вимірювання вологості нафтопродуктів, що входить в систему виміру кількості та параметрів якості сирої нафти, яка використовується в нафтовій промисловості. Схема системи складається з 8-ми розрядного мікропроцесора з USB інтерфейсом PIC18F4550, блоку живлення, LCD-дисплея, еталонного та вимірювального автогенераторних засобів контролю вологості, а також містить систему термостабілізації.

Розраховано узагальнені показники технічної досконалості, за якими розроблені автогенераторні засоби контролю вологості нафтопродуктів кращі в 1,2 рази в порівнянні з існуючими. Визначено апроксимовану залежність частоти генерації автогенераторного засобу контролю вологості нафтопродуктів на основі структури з двох польових транзисторів від вологості нафтопродуктів. Розраховані статичні похибки засобів контролю вологості нафтопродуктів, визначена систематична складова основної похибки, яка становить $\delta_{\Sigma} = 0,23 \%$, а також її граничне значення - $\pm 0,69 \%$. Оцінено вірогідність контролю вологості нафтопродуктів на основі похибок першого та другого роду. В результаті отримано значення $\alpha = 0,0283$, $\beta = 0,0126$, а вірогідність контролю не менше $\ddot{A}_2 = 0,96$.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі у науковому плані розроблено математичні моделі вологочутливих конденсаторних циліндричних структур та автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі нелінійних еквівалентних схем, що дозволило отримати аналітичні залежності функцій перетворення і рівнянь чутливості розроблених засобів.

В практичному плані створено новий клас високочутливих засобів для вимірювання та контролю вологості нафтопродуктів на основі реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором, які працюють в широкому діапазоні частот від 10^3 до 10^7 Гц.

Розроблено програмне забезпечення для моделювання та розрахунків характеристик конденсаторних циліндричних структур та автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів з урахуванням залежності параметрів елементів нелінійних еквівалентних схем приладів від впливу вологості нафтопродуктів.

Отримано такі основні наукові і практичні результати:

1. Вперше отримано аналітичні залежності для вологочутливих конденсаторних циліндричних структур, які відрізняються від існуючих тим, що в них враховано вплив вологості та температури нафтопродуктів, які приводять до зміни електрофізичних параметрів (діелектричної проникності, ємності) та дозволяють визначити значення електричної ємності первинних перетворювачів вологості.

2. Удосконалено метод на основі залежності реактивних властивостей транзисторних структур з від'ємним опором від вологості для створення автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів з конденсаторними циліндричними структурами, що працюють за принципом "вологість нафтопродуктів – частота".

3. Вперше отримано аналітичні залежності функцій перетворення та рівнянь чутливості для автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур, які відрізняються від існуючих тим, що в них враховано вплив вологості нафтопродуктів на частоту коливань автогенераторів з від'ємним опором.

4. Розроблено вологочутливі конденсаторні циліндричні структури з сіткоподібними електродами для виміру вологості нафтопродуктів від 0 % до 30 % з чутливістю від 0,5 до 1,2 пФ/% та циліндричними електродами для виміру вологості нафтопродуктів від 0 % до 20 % з чутливістю від 5,7 до 13,5 пФ/% при похибці вимірювання 0,225 %.

5. Розроблено високочутливі автогенераторні засоби контролю вологості нафтопродуктів:

- на основі структури р-п-р біполярного і двозатворного польового транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 0,6 до 0,85 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 1,1 до 1,73 кГц/% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 1,6 В;

- на основі структури п-р-п біполярного і двозатворного польового транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 2,6 до 4,2 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 6 до 10,9 кГц/% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 1,25 В;

- на основі структури біполярного і польового транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 3,3 до 5,2 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 8,5 до 16,7 кГц/% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 1,85 В;

- на основі структури з двох польових транзисторів з конденсаторною циліндричною структурою із сіткоподібними електродами з чутливістю від 15 до 20 кГц/% та конденсаторною циліндричною структурою із циліндричними електродами з чутливістю від 25,7 до 43 кГц/% при похибці вимірювання $\pm 0,23$ % і амплітудою вихідного сигналу 3,1 В.

6. Розроблено мікропроцесорну систему контролю вологості нафтопродуктів, що входить в систему виміру кількості та параметрів якості сирової нафти, яка використовується в нафтовій промисловості. Аналіз проведених теоретичних та експериментальних досліджень показав, що математичні моделі описують поведінку приладів з похибкою ± 5 %.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Осадчук В. С. Проблеми вимірювання вологості нафтопродуктів та метод підвищення його точності / Осадчук В. С., Осадчук О. В., Звягін О. С. // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2010. - №1(27). – С. 135 - 139.
2. Визначення вольт-амперної характеристики частотного перетворювача вологості на основі двох КМДН-транзисторів з активним індуктивним елементом / Осадчук В. С., Осадчук О. В., Крилик Л. В., Звягін О. С. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. - №1(13). – С. 53 - 58.
3. Ємнісний сенсор вологості / Осадчук В. С., Крилик Л. В., Євсєєва М. В., Звягін О.С. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. - №5. – С. 143 - 147.
4. Осадчук О. В. Ємнісний сенсор для вимірювання вологості нафтопродуктів / Осадчук О. В., Звягін О. С., Євсєєва М. В. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2009. - №2. - С. 40 - 43.
5. Осадчук О. В. Вологочутливий ємнісний сенсор для вимірювання вологості нафтопродуктів / Осадчук О. В., Звягін О. С., Крилик Л. В. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Автоматика, вимірювання та керування. – 2010. - №665. – С. 174 - 178.
6. Осадчук В. С. Математична модель мікроелектронного частотного перетворювача вологості / Осадчук В. С., Осадчук О. В., Звягін О. С. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2010. - №3. - С. 113 - 117.
7. Осадчук В. С. Математична модель частотного перетворювача вологості нафтопродуктів / Осадчук В. С., Осадчук О. В., Звягін О. С. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. - №4. – С. 89 - 94.
8. Осадчук В. С. Математична модель частотного перетворювача вологості з конденсаторною циліндричною структурою / Осадчук В. С., Осадчук О. В., Звягін О. С. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2011. - №1. - С. 140 - 146.
9. Пат. 32338 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Пристрій для контролю відносної вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №u200800395; заявл. 11.01.2008; опубл. 12.05.2008; Бюл. № 9.
10. Пат. 34555 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 22/00. Пристрій для вимірювання вологості / Л. В. Крилик, Ю. С. Кравченко, О. С. Звягін, О. М. Мельничук. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №u200804581; заявл. 10.04.2008; опубл. 11.08.2008; Бюл. № 15.
11. Пат. 39894 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Ємнісний сенсор для вимірювання вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №200814033; заявл. 05.12.2008; опубл. 10.03.2009; Бюл. № 5.
12. Пат. 40284 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/22. Сенсор для вимірювання вологості / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, О.С. Звягін. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №200814052; заявл. 05.12.2008; опубл. 25.03.2009; Бюл. № 6.
13. Пат. 42213 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Вимірювач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін, А. Ю. Савицький. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №u200900894; заявл. 06.02.2009; опубл. 25.06.2009; Бюл. № 12.
14. Пат. 44927 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Пристрій для визначення вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін, К. Ю. Іоніна. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №u200902969; заявл. 30.03.2009; опубл. 26.10.2009; Бюл. № 20.
15. Пат. 88831 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/00. Перетворювач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. С. Звягін. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №a200804584; заявл. 10.04.2008; опубл. 25.11.2009; Бюл. № 19.

16. Пат. 50817 УКРАЇНА, МКІ G 01 N 27/12. Вимірювач вологості / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін. ; заявник та патентовласник Вінн. нац. техн. ун-т. - №u200913291; заявл. 21.12.2009; опубл. 25.06.2010; Бюл. № 12.

17. Звягін О.С. Мікроелектронний частотний перетворювач для вимірювання вологості нафтопродуктів / О.С. Звягін, О.В. Осадчук // II-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю : міжнар. наук.-техн. конф., 23 - 26 вер. 2009 р. : матер. конф. – Вінниця, 2009. – С. 308 - 312.

18. Звягін О. С. Вимірювач вологості нафтопродуктів / Звягін О. С., Осадчук О. В., Осадчук В. С. // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування : міжнар. наук.-тех. конф., 8 - 9 жовтня Вінниця, 2009 р. : тези доповіді. – 2009. - С. 67.

19. Осадчук О. В. USB-частотомір / Осадчук О. В., Барабан С. В., Звягін О. С., Криночкін Р.В. // Дні науки - 2010 : 6-та міжнар. наук.-тех. конф., 27 бер. - 5 квіт. 2010 р. : матер. конф. – Прага, 2010. - С. 32-34.

20. Звягін О. С. Частотний перетворювач вологості / Звягін О. С., Осадчук О. В. // Сучасні проблеми радіоелектроніки та телекомунікацій "РТ-2011" : міжнар. молод. наук.-тех. конф., 11 - 15 квіт. 2011 р. : тези доповіді. – Севастополь, 2011. - С. 278.

21. Звягін О. С. Мікроелектронний частотний перетворювач вологості на основі від'ємного опору / Звягін О. С., Осадчук О. В. // Радіоелектроніка і молодь у ХХІ столітті : міжнар. молод. форум, 18 - 20 квітня 2011 р. : тези доповіді. – Харків, 2011. - С. 84.

22. Звягін О. С. Система вимірювання вологості нафтопродуктів / Звягін О. С., Осадчук О. В., Осадчук В. С. // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування : міжнар. наук.-тех. конф., 19 - 21 трав. 2011 р. : тези доповіді. – Вінниця, 2011. - С. 115.

АНОТАЦІЯ

Звягін О.С. Автогенераторні засоби контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 - прилади і методи контролю та визначення складу речовин. - Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2011.

Дисертаційна робота присвячена розробці автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі конденсаторних циліндричних структур, в яких у якості первинного датчика використовується ємнісний, а в якості автогенераторів транзисторні структури з від'ємним опором, принцип роботи яких базується на використанні функціональної залежності частоти генерації транзисторної структури з від'ємним опором від зміни вологості нафтопродуктів. Дані засоби забезпечують якість нафтопродуктів, шляхом контролю вологості, з дистанційною передачею результатів вимірювання.

У дисертаційній роботі розроблені теоретичні підходи до створення вологочутливих конденсаторних циліндричних структур на основі математичної фізики та автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів на основі методу змінних стану, що дозволило отримати аналітичні залежності волого чутливої ємності від вологості нафтопродуктів, функцій перетворення і рівнянь чутливості розроблених засобів.

Розроблено мікропроцесорну систему контролю вологості нафтопродуктів, а також програмне забезпечення в середовищі «Maple» для моделювання і розрахунків характеристик конденсаторних циліндричних структур та автогенераторних засобів контролю вологості нафтопродуктів з урахуванням залежності параметрів елементів нелінійних еквівалентних схем приладів від впливу вологості нафтопродуктів.

Ключові слова: автогенераторний засіб контролю вологості, конденсаторна циліндрична структура, нафтопродукт, функція перетворення, чутливість.

АННОТАЦИЯ

Звягин А.С. Автогенераторные средства контроля влажности нефтепродуктов на основе конденсаторных цилиндрических структур. - На правах рукописи.

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - приборы и методы контроля и определения состава веществ. - Винницкий национальный технический университет, Винница - 2011.

Точность и надежность систем управления и регулирования технологически-ми процессами, а также безопасность работы промышленных установок в нефтяной промышленности определяется с помощью приборов для измерения и контроля влажности нефтепродуктов. Непрерывный контроль влажности нефти и нефтепродуктов необходимый для принятия успешного решения для ее уменьшения и поддержки в допустимых пределах.

Диссертационная работа посвящена разработке автогенераторных средств контроля влажности нефтепродуктов на основе конденсаторных цилиндрических структур, в которых в качестве первичного датчика используется емкостный, а в качестве автогенераторов транзисторные структуры с отрицательным сопротивлением, принцип работы которых базируется на использовании функциональной зависимости частоты генерации транзисторной структуры с отрицательным сопротивлением от изменения влажности нефтепродуктов. Данные средства обеспечивают качество нефтепродуктов, путем контроля влажности, с дистанционной передачей результатов измерения.

Большинство влагомеров являются аналоговыми, при помощи которых влажность преобразуются в электрический сигнал в форме напряжения или тока. Автогенераторные средства контроля влажности нефтепродуктов на основе конденсаторных цилиндрических структур с частотным выходом имеют ряд преимуществ перед аналоговыми, которые заключаются в беспроводной передаче измерительного сигнала на расстояние, значительном увеличении помехоустойчивости, что позволяет повысить точность измерения, а также в возможности получения больших выходных сигналов, что создает предпосылки отказа от усилительных устройств при последующей обработке сигнала.

В диссертационной работе разработаны теоретические подходы к созданию влагочувствительных конденсаторных цилиндрических структур на основе математической физики и автогенераторных средств контроля влажности нефтепродуктов на основе метода переменных состояния, это разрешило получить аналитические зависимости влагочувствительной емкости от влажности нефте-продуктов, функций преобразования и уравнений чувствительности разработанных средств.

На основе разработанных математических моделей получены аналитические зависимости для влагочувствительных конденсаторных цилиндрических структур, которые отличаются от существующих тем, что в них учтено влияние влажности и температуры нефтепродуктов, которые приводят к изменению электрофизических параметров (диэлектрической проницаемости, емкости) и разрешают определить значение электрической емкости первичных преобразователей влажности, а также получены аналитические зависимости функций преобразования и уравнений чувствительности для автогенераторных средств контроля влажности нефтепродуктов на основе конденсаторных цилиндрических структур, которые отличаются от существующих тем, что в них учтено влияние влажности нефтепродуктов на частоту колебаний автогенераторов с отрицательным сопротивлением.

Усовершенствован метод на основе зависимости реактивных свойств транзисторных структур с отрицательным сопротивлением от влажности для создания автогенераторных средств контроля влажности нефтепродуктов с конденсаторными цилиндрическими структурами, работающими по принципу "влажность нефтепродуктов - частота".

Разработана микропроцессорная система контроля влажности нефте-продуктов, а также программное обеспечение в среде "Maple" для моделирования и расчетов характеристик конденсаторных цилиндрических структур и автогенератор-ных средств контроля влажности нефтепродуктов с учетом зависимости параметров элементов нелинейных эквивалентных схем приборов от влияния влажности нефтепродуктов.

Ключевые слова: автогенераторное средство контроля влажности, конденсаторная цилиндрическая структура, нефтепродукт, функция преобразования, чувствительность.

ABSTRACT

Zviahin O.S. Self-oscillating humidity control devices of the petroleum products based on the capacitive cylindrical structures. – A manuscript.

A thesis for a candidate of technical sciences degree by speciality 05.11.13 – devices and methods of control and determination of substance composition. - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia – 2011.

The thesis is devoted to the development of the self-oscillating humidity control devices of the petroleum products based on the capacitive cylindrical structures, in which as a primary sensor used capacitive sensor, and as a self-oscillators used transistor structures with negative resistance, which principle work is based on the functional dependence of the oscillation frequency transistor structure with negative resistance to the petroleum products humidity changes. These devices provide quality of the petroleum products by controlling the humidity, with remote transmission of measurement results.

In the thesis developed theoretical approaches to the creation of the humidity capacitive cylindrical structures based on mathematical physics and the self-oscillating humidity control devices of the petroleum products based on method of state variables, which allowed to obtain analytical dependences of the humidity sensitive capacitance to the petroleum products humidity, conversion functions and sensitivity equations of the developed devices.

A microprocessor humidity control system of the petroleum products, and software in the environment «Maple» for modeling and calculation of characteristics of the capacitive cylindrical structures and the self-oscillating humidity control devices of the petroleum products with regard to dependence of parameters of elements of nonlinear equivalent circuit devices from the effects of the petroleum products humidity are designed.

Keywords: self-oscillating humidity control device, capacitive cylindrical structure, petroleum product, conversion function, sensitivity.

Підписано до друку 01.12.2011 р. Формат 29.7x42¹/₄
Наклад 100 прим. Зам. № 2011-185

Надруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету.
м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: (0432) 59-81-59