

Винахід належить до галузі акустичних вимірювань і може бути використаний для вимірювання рівня рідини у міжтрубному просторі нафтових, газових і артезіанських свердловин.

Відомі пристрої для вимірювання рівня рідини в свердловинах, в основу яких покладено принцип ехолокації в міжтрубному просторі з визначенням часової затримки між моментами збудження та прийому ехо-сигналу [1, 2].

Недоліками цих пристроїв є низькі завадостійкість і точність вимірювань, а також застаріла структура, яка не дозволяє вести прийом і обробку ехо-сигналів оптимальними алгоритмами.

Найбільш близьким до того, що пропонується по технічній суті та ефекту, який досягається, є пристрій для контролю рівня рідини у свердловині, вибраний за прототип, який як і пристрій, що пропонується, містить акустичний приймач, підсилювач сигналу, генератор тактових імпульсів, генератор відео-імпульсів, індикаторний пристрій [3].

Особливістю відомого пристрою, яка відрізняє його від того, що заявляється, є використання сигналів відносно великої тривалості, що дозволяє за рахунок збільшення енергії до певного ступеня підвищити завадостійкість та ймовірність вірного виявлення ехо-сигналу, відбитого від рівня рідини. Проте це ніяк не підвищує точності вимірювань, а головне значно погіршує можливості виявлення з'єднувальних муфт, що знаходяться на насосно-компресорних трубах (НКТ). Останні, як відомо, дають можливість точно визначити вертикальний розподіл швидкості звуку (ВРШЗ) по свердловині, а також середню швидкість звуку, точність обчислення якої є головною складовою сумарної точності вимірювання рівня рідини. В умовах навіть відомих складу газу в свердловині, температури та тиску виявлення з'єднувальних муфт є чи не єдиною можливістю підвищити реальну точність вимірювань з десятків до одиниць відсотків від вимірюваного рівня. Відсутність у прототипі засобів оптимальної обробки та часового стиснення корисного сигналу не дозволяє розрізняти з'єднувальні муфти і, як наслідок, визначити з достатньою точністю середню швидкість звуку в свердловині. Це є головним і суттєвим недоліком прототипу.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити пристрій для контролю рівня рідини у свердловині шляхом використання складних сигналів та їх оптимальної обробки, що дозволяє при відносно великій тривалості отримати їх стиснення в часі і таким чином забезпечити виявлення і розрізнення ехо-сигналів, відбитих не тільки від рівня, а й від з'єднувальних муфт. При відомій відстані до з'єднувальних муфт з'являється можливість в процесі вимірювання з необхідною точністю обчислити середню швидкість звуку на максимальній дистанції від гирла свердловини.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для контролю рівня рідини у свердловині, що містить акустичний приймач, підсилювач сигналу, генератор тактових імпульсів, генератор відео-імпульсів, індикаторний пристрій згідно винаходу новим є те, що в нього введено генератор частотно-модульованого сигналу, вихід якого через підсилювач потужності з'єднано з широкосмуговим випромінювачем, узгоджувальний пристрій, вхід якого з'єднано з виходом акустичного приймача та входом підсилювача сигналу, автоматичний регулятор підсилення, вихід якого з'єднано з керуючим входом підсилювача сигналу, а вхід - з виходом генератора відеоімпульсів та входом генератора частотно-модульованого сигналу, перший аналого-цифровий перетворювач, сигнальний вхід якого через фільтр з'єднано з виходом підсилювача сигналу, другий аналого-цифровий перетворювач, сигнальний вхід якого з'єднано з виходом узгоджувального пристрою, а керуючий вхід - з керуючими входами першого аналого-цифрового перетворювача, генератора відео-імпульсів та виходом генератора тактових імпульсів і, крім того, виходи першого і другого аналого-цифрових з перетворювачів з'єднано з входами корелятора, який через амплітудний детектор та запам'ятовуючий пристрій підключено на входи першого та другого порогових пристроїв, виходи яких з'єднано з інформаційними входами першого та другого селекторів максимуму, а інформаційні виходи селекторів максимуму - з першими входами першого і другого обчислювальних пристроїв, другий вхід першого обчислювального пристрою з'єднано з виходом другого обчислювального пристрою, другий вхід якого під'єднано до блоку постійної пам'яті, вихід першого обчислювального пристрою з'єднано з індикаторним пристроєм, причому керуючий вхід першого селектора максимуму з'єднано генератором тактових імпульсів, а другий вихід - з керуючим входом другого селектора максимуму.

Таке функціональне вирішення акустичного пристрою для вимірювання рівня рідини в свердловинах за рахунок використання складних сигналів та їх оптимальної обробки з часовим стисненням дозволяє виявити з'єднувальні муфти на максимально можливій дистанції від гирла свердловини і обчислити швидкість звуку, використовуючи муфти в якості реперів. Це значно підвищує точність вимірювань і розширює функціональні можливості пристрою.

На фіг.1 зображено структурну схему акустичного пристрою для вимірювання рівня рідини в свердловинах, а на фіг.2 - часові діаграми роботи його окремих блоків.

Пристрій складається з акустичного приймача 1 (фіг.1), підсилювача сигналу 2, генератора тактових імпульсів 3, генератора відео-імпульсів 4, індикаторного пристрою 5, а також генератора частотно-модульованого сигналу 6, вихід якого через підсилювач потужності 7 з'єднано з широкосмуговим випромінювачем 8 та узгоджувального пристрою 9, вхід якого з'єднано з виходом акустичного приймача 1 та входом підсилювача сигналу 2. Пристрій містить також автоматичний регулятор підсилення 10, вихід якого з'єднано з керуючим входом підсилювача сигналу 2, а вхід - з виходом генератора відео-імпульсів 4 та входом генератора частотно-модульованого сигналу 6, перший аналого-цифровий перетворювач 11, сигнальний вхід якого через фільтр 12 з'єднано з виходом підсилювача сигналу 2, другий аналого-цифровий перетворювач 13, сигнальний вхід якого з'єднано з виходом узгоджувального пристрою 9, а керуючий вхід - з керуючими входами першого аналого-цифрового перетворювача 11, генератора відео-імпульсів 4 та виходом генератора тактових імпульсів 3. Виходи першого 11 і другого 13 аналого-цифрових перетворювачів з'єднано з входами корелятора 14, який через амплітудний детектор 15 та запам'ятовуючий пристрій 16 підключено на входи першого 17 та другого 18 порогових пристроїв, виходи яких з'єднано з інформаційними входами першого 19 та другого 20 селекторів максимуму, а інформаційні виходи селекторів максимуму - з першими входами першого 21 і другого 22 обчислювальних пристроїв. Другий вхід першого обчислювального пристрою 21 з'єднано з виходом другого обчислювального пристрою 22, другий вхід

якого під'єднано до блоку постійної пам'яті 23, вихід першого обчислювального пристрою 21 з'єднано з індикаторним пристроєм 5, причому керуючий вхід першого селектора максимуму 19 з'єднано генератором тактових імпульсів 4, а другий його вихід - з керуючим входом другого селектора максимуму 20.

Конструктивно акустичний пристрій для вимірювання рівня рідини в свердловинах виконано у вигляді автономного портативного модуля, який встановлюється на вхідному патрубку свердловини і в діалоговому режимі виконує вимірювання рівня рідини, швидкості звуку, а також запам'ятовування отриманих даних в енергонезалежній пам'яті.

Пристрій, що пропонується, працює наступним чином. По команді з генератора тактових імпульсів 3 генератор відео-імпульсів 4 формує на своєму виході відео-імпульс (див. діаграму 1, фіг.2) з заданим періодом повторення T . Генератор частотно-модульованих сигналів 6 на протязі дії відео-імпульсу формує частотно-модульований електричний імпульс, який через підсилювач потужності 7 подається на широкосмуговий випромінювач 8, що перетворює електричний сигнал в аналогічної форми акустичний сигнал. Останній через вхідний патрубок потрапляє в міжтрубний простір свердловини і проходить до рівня рідини 24 і назад, відбиваючись також від з'єднувальних муфт 25. Відбитий ехо-сигнал акустичним приймачем 1 перетворюється в електричний, який подається далі на входи підсилювача сигналу 2 та узгоджувального пристрою 3. Крім того на початку зондування імпульсом генератора 4 запускається також автоматичний регулятор підсилення 10, завдяки якому на виході підсилювача сигналу 2 підтримується на протязі періоду зондування практично однакова амплітуда ехо-сигналів, відбитих від муфт (ехограма 3, фіг.2). З виходу підсилювача 2 відфільтрований блоком 12 ехо-сигнал подається на вхід першого аналого-цифрового перетворювача 11, а на вхід другого аналого-цифрового перетворювача 13 через узгоджувальний пристрій 9 подається лише копія зондуючого сигналу, яка знімається безпосередньо з акустичного приймача. Після взаємно-кореляційної обробки прийнятих ехо-сигналів і копії випромінюваного сигналу в кореляторі 14 та амплітудному детекторі 15 отримана ехограма запам'ятовується в запам'ятовувальному пристрої 16, причому оброблені ехо-сигнали мають стиснення в часі, яке визначається шириною смуги частот випромінюваного сигналу. Далі в першому пороговому пристрої 17 та першому селекторі максимумів 19 виконується виділення лише сигналу від рівня та визначення часової затримки τ_p від початку зондування до максимуму ехо-сигналу. Другим пороговим пристроєм 18 та другим селектором максимуму 20 визначається затримка останнього виявленого ехо-сигналу від муфт τ_m (діаграма 5, фіг.2). Далі, використовуючи імпульси тактового генератора 3 зі стабільним періодом повторення Δt_0 (діаграма 7, фіг.2) в блоках 19, 20 визначаються числові значення вказаних затримок N_p і N_m , які надходять відповідно в перший 21 і другий 22 обчислювальний пристрій. Крім того на вхід обчислювального пристрою 22 надходить інформація з блоку постійної пам'яті 23 про відстань Δh_i між з'єднувальними муфтами по даній свердловині. Обчислювальний пристрій 22, використовуючи інформацію про кількість виявлених муфт, що надходить з селектора максимуму 20,

обчислює відстань до останньої виявленої муфти по формулі
$$h_{MN} = \sum_{i=1}^N \Delta h_i,$$
 за якою визначає середню швидкість звуку: $c_{зв} = 2h_{MN}/N_m$. Після цього визначається точне значення відстані до рівня рідини за вже відомою

для даної свердловини швидкістю звуку $h = h_{MN} \cdot \frac{N_p}{N_m}$. Інформація про результати вимірювання відображується

на індикаторному пристрої 5 (фіг.1), а отримана ехограма з усіма параметрами, включаючи фактичну швидкість звуку, запам'ятовується в енергонезалежній пам'яті блоку 23.

Підвищення точності вимірювання рівня рідини досягається за рахунок того, що за допомогою введеного в пристрій обчислювального блоку 26 (див. фіг.1), що включає в себе аналого-цифрові перетворювачі, корелятор з амплітудним детектором, а також за допомогою генератора частотно-модульованого сигналу та широкосмугового випромінювача ехолокація ведеться на тривалих складних сигналах з оптимальною обробкою. Це мінімізує рівень паразитних завад і дозволяє в кінцевому результаті точно обчислити швидкість звуку на максимально можливій дистанції і підвищити таким чином точність і оперативність вимірювання рівня рідини.

Використання в якості копії зондуючого сигналу початкової частини ехограми, що досягається підключенням виходу акустичного приймача 1 через узгоджувальний пристрій 9 до входу другого аналого-цифрового перетворювача 13, значно підвищує ймовірність правильного виявлення з'єднувальних муфт, оскільки в даному разі використовується не "електрична" копія сигналу, а його акустичний аналог, тобто сигнал, який безпосередньо випромінюється у свердловину.

Використання елементної бази передових фірм з мікроспоживанням дозволяє створити портативний акустичний пристрій, який можна застосовувати для вимірювання рівня рідини в нафтових, газових та артезіанських свердловинах. В якості обчислювального блоку 26 (див. фіг.1) використовується елементна база фірми Texas Instruments, а саме, мікроконтролер MSP430, флеш-пам'ять - AT450B1 фірми Atmel, в якості широкосмугового випромінювача 8 - спеціальні електромагнітні перетворювачі.

Таким чином використання пропонованої структури та технології обробки акустичних сигналів дозволяє створити рівнемір нового покоління, що характеризується підвищеною точністю і ймовірністю вимірів, автономністю, гнучкістю програмного забезпечення та розширеними функціональними можливостями. Прилад дозволяє вести точні вимірювання рівня навіть у надскладних умовах, наприклад, в перехідному режимі роботи свердловини, коли відомості про часову зміну швидкості звуку практично відсутні. Головні його ланки було успішно випробувано в роботі на артезіанських і нафтових свердловинах України.

Література:

1. Патент России №2030577, МКИ E21B47/04, 1995., БИ №7.
2. А.с. СССР №1781422, МКИ E21B47/04, 1992., БИ №46.

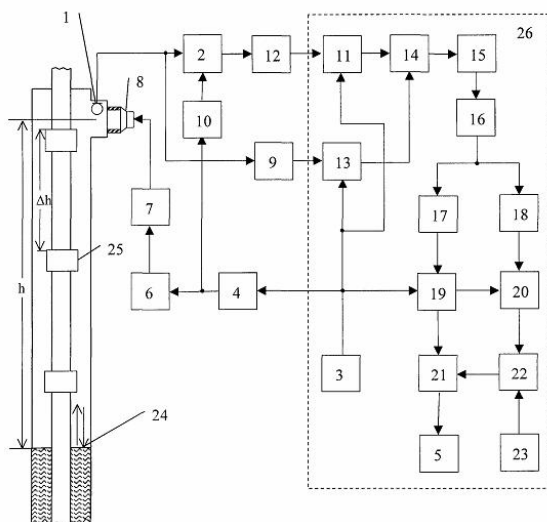


Fig. 1

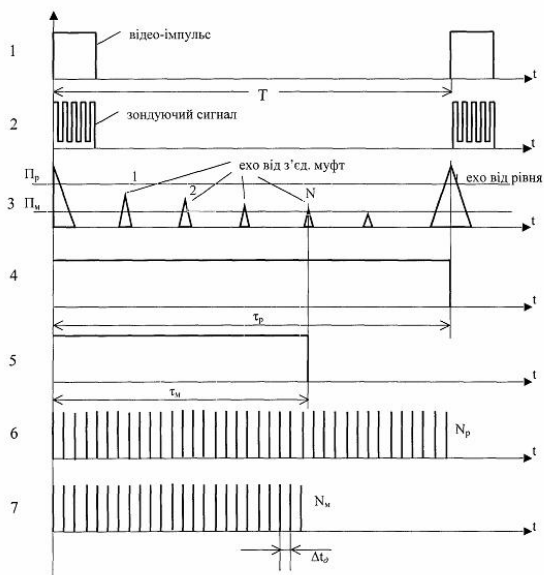


Fig. 2