

СЕКЦІЯ 8 ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ

УДК 681.121

НОВІ АСПЕКТИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ

Крук І.С., ДК “Укртрансгаз” НАК “Нафтогаз Україна”, м.Київ, Україна,

Для визначення витрати природного газу використовують різні методи вимірювання. Найбільшого поширення в силу своєї простоти та надійності набув метод змінного перепаду тиску разом із стандартними діафрагмами та різними типами обчислювачів витрати та кількості. На протязі останніх декількох років інтенсивно використовують також і лічильники для визначення об’єму газу разом із обчислювачами-коректорами. Об’ємні лічильники для забезпечення стабільних метрологічних характеристик при їх застосуванні потребують особливої підготовки газу, його чистоти, розміри механічних домішок у ньому не повинні перевищувати 3–5 мкм, а вміст парів води та інших рідин у газі повинен бути меншим за 0,00005 мольних долей.

Для сухого газу, вміст парів води в якому не перевищує 0,00005, масову витрату визначають за рівнянням Reader-Harris/Gallager, а для цього необхідно забезпечити:

1. Упровадження нового міждержавного стандарту ГОСТ 8.586.1-5.2005 (з 1 січня 2007 р. у Російській Федерації), ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5.2007 (з 1 січня 2008 р. в Україні).
2. Розроблення та впровадження «Інструкції з контролю та метрологічного нагляду за витратомірами змінного перепаду тиску (ВЗПТ) та об’ємними лічильниками».
3. Корегування та погодження в органах Держметртестстандарту України програм розрахунку конструктивних параметрів ВЗПТ і їх проектування.
4. Розроблення методичних рекомендацій із використання ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5.2007.
5. Розроблення програмного забезпечення, встановлення порядку атестації та позачергових контрольних випробувань обчислювачів витрати та обчислювачів-коректорів.
6. Погодження робіт із проектування пунктів обліку газу при їх реконструкції та модернізації з використанням ВЗПТ та об’ємних лічильників.
7. Розроблення та впровадження “Планів організаційно-технічних заходів із впровадженням ВЗПТ і лічильників об’ємної витрати”.
8. Розроблення МВВ витрати та визначення кількості сухої частини вологого газу.

9. Розроблення МВВ для визначення компонентного складу природного газу хроматографічним методом.
10. Використання атестованих установок для калібрування на природному газі об'ємних лічильників при робочих тисках та температурах.
11. Розроблення та впровадження МВВ на різні типи лічильників і фізичні параметри.
12. Розроблення нових ДСТУ на **гази горючі природні**:
 - для промислового та комунально-побутового призначення;
 - методи визначення вмісту парів води та температури точки роси по воді;
 - розрахункові методи визначення теплоти згоряння, густини, відносної густини та числа Воббе;
 - хроматографічний метод визначення компонентного складу природного газу;
 - умови подачі природного газу у МГ від газовидобувних підприємств;
 - погодження алгоритмів і розроблення програмного забезпечення для визначення градууювальних характеристик (функцій відклику) автоматичних потокових хроматографів, вологомірів і густиномірів у відповідності до вимог ISO 6974, ISO 6976, ISO 10725 з Укрметртестстандарт як універсальних;
 - розроблення програмного забезпечення для систем збирання та передавання даних із прикордонних вхідних і вихідних газовимірювальних станцій ГВС і ГРС усіх категорій;
 - підвищення рівня захищеності та достовірності інформації, яка поступає від автоматичних обчислювачів, потокових хроматографів і гігрометрів;
 - створення на базі ДК “Укртрансгаз” Київського інформаційного центру ГТС України.

Ключові слова: облік природного газу, рівняння Reader-Harris/Gallager.

УДК 532.696.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ КРИТЕРІЮ ГРАБСА ДЛЯ ВИБІРОК РІЗНОГО ОБ'ЄМУ НА БАЗІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ВИХОРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВИТРАТИ ГАЗУ ТИПУ „ИРВИС-К-300”

*Чеховський С. А., Піндус Н. М., Долішня Н. Б.,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м.Івано-Франківськ, Україна*

Сучасні інформаційно-вимірювальні комплекси (ІВК) для вимірювання витрати характеризуються значною складністю і різноманіттям технологічних процесів. Об'єктом дослідження є ІВК для вимірювання витрати на базі вихорового витратоміра типу "ИРВИС-К-300". Основним напрямком

досліджень є оцінка точності ІВК з точки зору процедури обробки експериментальних даних та виключення промахів.

Сучасна теоретична метрологія дає пояснення основних властивостей критеріїв, розподілів статистик, потужності критеріїв, їх переваги та недоліки. Принагідно варто зауважити, що не існує чітких відповідей на питання, який з існуючих статистичних критеріїв є найбільш коректним та потужним для вибірок різного об'єму. Тому актуальною є задача розробки стійких методів обробки експериментальних спостережень.

У практичній діяльності важливу роль відіграють статистичні критерії, призначені для видалення аномальних результатів вимірювань. Більшість існуючих критеріїв відбраковки підозрілих значень спирається на припущення про приналежність спостерігаючих випадкових величин до нормального закону. До такого роду критеріїв відноситься і критерій Грабса, який застосовується для перевірки на аномальність.

За результатами експериментальних досліджень зазначеного ІВК досліджена поведінка критерію Грабса для вибірок різного об'єму на основі експериментальних даних вимірювання витрати на базі вихорового витратоміра типу "ИРВИС-К-300".

Ключові слова: критерій Грабса, об'єм вибірки, ІВК, вихоровий витратомір, аномальні спостереження.

УДК 681.518.5

КОНТРОЛЬ І АНТИПОМПАЖНИЙ ЗАХИСТ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ ДОКАЧУЮЧОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ ПІДЗЕМНОГО СХОВИЩА ГАЗУ

*Гіренко С.Г., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Контроль і антипомпажний захист відцентрових нагнітачів (ВН) газоперекачувальних агрегатів (ГПА) докачуючої компресорної станції (ДКС) підземного сховища газу ПСГ “Більче-Волиця” є актуальною науково-практичною задачею у зв'язку з необхідністю підвищення надійності ГПА і якості системи автоматичного регулювання.

Проте, аналіз літературних джерел показує недостатній об'єм проведених досліджень в цьому напрямку. Тому метою даної роботи є розроблення системи контролю і антипомпажного захисту ГПА ДКС ПСГ.

Для досягнення цієї мети вперше запропоновано новий метод захисту ГПА від помпажу, архітектуру системи автоматичного керування ГПА, яка є поєднанням підсистеми автоматичного регулювання і підсистеми захисту від помпажу, що дозволило підвищити швидкодію системи захисту від помпажу та покращити показники якості автоматичного регулювання.

Методи дослідження базуються на теорії вимірювань і статистичного аналізу, моделюванні на ЕОМ. Більшість досліджень базуються на комп'ютерних експериментах і експериментальних дослідженнях у виробничих умовах.

В розробленій і впровадженій на ДКС “Більче-Волиця” системі антипомпажного захисту і регулювання функції контролю містяться: контроль стану обладнання і відхилень технологічних параметрів від заданих значень; автоматичний контроль програмно-технічних засобів САК ГПА з сигналізацією відмови; контроль ланцюгів виконавчих механізмів; контроль обриву давачів; контроль каналів захисту ГПА. Для здійснення антипомпажного регулювання передбачено досить точно вимірювання частоти обертання турбіни двигуна.

Система автоматичного керування у своєму складі має велику кількість каналів контролю і управління. Канали контролю забезпечують вимірювання технологічних параметрів і порівняння їх із заданими значеннями уставок - аварійних і попереджувальних. Канали управління забезпечують видачу каналу на управління виконавчими механізмами.

Досвід експлуатації розробленої і впровадженої на ДКС «Більче-Волиця» системи контролю і антипомпажного захисту ГПА підтвердив високу надійність системи, високу швидкодію захисту від помпажу, що дозволяє забезпечити безперервне транспортування природного газу.

Ключові слова: контроль, газоперекачувальний агрегат, захист, помпаж.

УДК 681.5.03

ОНЛАЙН-МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ПОГЛИБЛЕННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Семенцов Г.Н., Фадєєва О.В., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ Україна

На сьогодні енергоємність валового внутрішнього продукту України становить 0,89 кг умовного палива на 1 долар США з урахуванням паритету реальної купівельної спроможності, що у 2,6 рази перевищує середній рівень енергоємності валового внутрішнього продукту країн світу. Аналіз літературних джерел показує, що причиною високої енергоємності є надмірне споживання в галузях економіки енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції. Зокрема на буріння кожного метра нафтових і газових свердловин витрачається тисячі кВт·годин.

Висока енергоємність є наслідком суттєвого технологічного відставання галузі. Тому розроблення методів і засобів контролю питомих витрат енергії на один метр проходки нафтових і газових свердловин є актуальною науково-практичною проблемою.

Розглядається метод побудови інформаційної моделі контролю енергоємності w в процесу поглиблення нафтових і газових свердловин на базі аналізу основних законів збереження і спрощення механізму процесу руйнування гірських порід на вибої свердловини. Розроблено наступну модель

$$w = \frac{(0.0001\eta Mn + Fv)}{VD^2}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год.}}{\text{м}},$$

де η – коефіцієнт корисної дії шарошкового або алмазного долота;

M – момент на долоті, Нм;

n – швидкість обертання долота, об/хв.;

F – осьова сила на долото, Н;

V – механічна швидкість буріння;

D – діаметр бурового долота, м.

Розроблена модель покладена в основу створення нового типу інтелектуальної системи контролю і кластеризації – гібридної нейро-фаззі мережі, здатної функціонувати за умов апріорної та поточної невизначеності процесу поглиблення свердловин.

Для створення системи онлайн-моніторингу, крім давачів моменту, швидкості обертання, осьової сили, механічної швидкості, синтезовано архітектуру гібридної нейро-фаззі мережі з нечітким виведенням і розробляється метод її навчання.

Контроль показника енергоємності w сприяє розв’язанню задач виявлення меж пластів гірських порід, визначення колекторських властивостей пластів, оцінки ефективності роботи долота, оптимізації процесу буріння за критерієм “мінімум питомих витрат енергії”.

Ключові слова: контроль, модель, енергоємність, метод.

УДК 389:681.121

МЕТРОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ПОВІРОЧНОЇ УСТАНОВКИ РVTt-ТИПУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ У ВИМІРЮВАННЯХ

Середюк О.Є., Костинюк В.В., Лютак З.П., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу м.Івано-Франківськ, Україна

Установки РVTt-типу відносяться до установок опосередкованого вимірювання витрати і об’єму газу і знаходять все більше застосування у вітчизняній метрологічній практиці. Однак, питання їх метрологічного аналізу потребує подальшого розвитку, що неможливо здійснити без розробленої метрологічної моделі (ММ). Крім того, завдяки інтеграції України в міжнародний метрологічний простір актуальним є розроблення ММ з використанням теорії невизначеності. Це і є метою даної роботи.

Розробку ММ конкретизуємо стосовно алгоритму, який передбачає вимірювання тиску, температури та фактору стисливості на початку і в кінці

витікання газу із ємності та на досліджуваному приладі (ДП). Із цього алгоритму слідує, що ММ буде містити стандартні невизначеності типу А і В, які в своїй комбінації будуть формувати сумарну і розширену невизначеності установки.

Невизначеності типу А будуть визначатися параметрами, які підлягають експериментальному вивченню під час метрологічних досліджень. Це, зокрема, такі невизначеності: визначення об'єму ємності високого тиску; функціонування вимірювальних каналів тиску, температури; від нестабільності тиску і температури перед ДП; від градієнта температури в ємності.

Невизначеності типу В будуть формуватися стандартними невизначеностями використаних в установці і для її метрологічних досліджень засобів вимірювальної техніки, а також невизначеністю параметрів, які визначаються розрахунковим методом, зокрема, фактора стисливості робочого середовища. Крім того, перелік невизначеностей типу В будуть доповнювати невизначеності, які можуть вносити додаткову методичну похибку: від наявності водяної пари в робочому середовищі; від наявності осаду в ємності; від дискретності пристрою збору вимірювальної інформації з ДП.

В роботі здійснена кількісна характеристика розглянутих невизначеностей з врахуванням значень коефіцієнтів впливу всіх змінних, які входять в алгоритм функціонування повірочної установки, а також здійснено їх сумування згідно основних положень теорії невизначеності.

За результатами чисельного імітаційного моделювання показано, що розширена невизначеність для цього типу установок при правильному виборі вимірювальних перетворювачів і еталонних засобів може знаходитися в межах (0.25-0.45) %, чим обґрунтовується можливість їх застосування як робочих еталонів.

Ключові слова: установка РVTt-типу, невизначеність, метрологічна модель.

УДК 389:681.121

УЗАГАЛЬНЕНА МЕТРОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ЕТАЛОНІВ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ

*Середюк О.Є., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна*

Відомі метрологічні моделі стосуються аналізу конкретних типів робочих еталонів (РЕ), наприклад, повірочних установок дзвонового типу чи РVTt-типу. Однак, на даний час практично відсутня теорія побудови метрологічних моделей (ММ), якими можна було би описати практично всі типи РЕ. Крім того, практично відсутні розробки ММ з використанням теорії невизначеності у вимірюваннях, що на даний час є актуальним внаслідок очікуваного входу

України в СОТ. Це зумовлює необхідність проведення гармонізації метрологічних норм України з міжнародними метрологічними нормами цих країн.

Метою роботи є розроблення узагальненої ММ для РЕ об'єму та об'ємної витрати газу з використанням теорії невизначеності у вимірюваннях.

При розробці узагальненої ММ аналізувався бюджет невизначеності РЕ згідно їх типів А і В. При цьому розглянуті джерела, які формують методологічні принципи побудови ММ і об'єднані у такі групи невизначеностей:

- визначені алгоритмом функціонування РЕ згідно принципу дії (типи А, В);
- сформовані еталонними засобами вищої точності при передаванні одиниці об'єму чи витрати до РЕ або які застосовуються при метрологічній атестації РЕ опосередкованим методом (тип В);
- вимірювальних каналів (типи А, В);
- від дестабілізуючих факторів роботи РЕ (тип А, які визначаються експериментальним чином, і тип В, які розраховуються від граничних меж зміни параметрів РЕ);
- розрахунку параметрів чи коефіцієнтів, які застосовуються при роботі РЕ, наприклад, невизначеності розрахунку фактора стисливості чи густини робочого середовища або коефіцієнта витікання звужуючого пристрою (тип В);
- точності збирання вимірювальної інформації з ДП (тип В);
- системи обробки вимірювальної інформації (тип В);
- зумовлені точністю передавання одиниці вимірювання від РЕ до ДП (тип В).

Крім того, за наявності кореляції між параметрами РЕ розраховують бюджет кореляцій вхідних величин (тип А чи В) в залежності від експериментально чи теоретично встановленого виду коваріації.

Виходячи з перерахованих складових невизначеностей розроблена узагальнена ММ у вигляді ієрархічної структури їх побудови, яка дає можливість формувати компоненти складових невизначеностей для конкретного типу РЕ, а також здійснювати їх кількісний аналіз і сумування згідно основних положень теорії невизначеності.

Ключові слова: еталонна установка, невизначеність, метрологічна модель.

УДК 681.325

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ ГАЗУ РЕАЛІЗОВАНИХ НА ОЦІНЮВАННІ ЙМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКУ

*Рудак С. М., Мельничук С. І., Науково-дослідний і проектний інститут ВАТ «Укрнафта»,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Одним з перспективних напрямків реалізації засобів вимірювання витрати та кількості газоподібних середовищ є застосування безконтактних методів для вимірювання об'єму та об'ємної витрати газових середовищ, зокрема тих, що ґрунтуються на аналізі статистичних оцінок випадкових процесів, які

генеруються вимірюваним середовищем в процесі його переміщення. Такі методи дозволяють здійснювати вимірювання витрати в різноманітних гідравлічних і пневматичних системах та апаратах, забезпечуючи відсутність в потоці конструктивних елементів, що обертаються (рухаються) і зношуються, а також не створюючи опору та втрат тиску по вимірювальному тракту.

Основні характеристики дослідних витратовимірювальних систем, що реалізовані на основі методів статистичних оцінок шумів вимірюваного середовища такі:

– діапазон 10:1 (за умови переключення чутливості первинного перетворювача діапазон необмежений);

– основна відносна похибка вимірювання $\pm 0,28\%$;

Так як установка працює в лабораторних умовах, збурюючі фактори, що впливатимуть на процес вимірювання витрати газу практично не враховуються, тобто умови близькі до ідеальних. Крім того, відсутні ґрунтовні дослідження, як поводитиме себе система при зміні температури, тиску вимірювального середовища, прямолінійності вимірювальних участків, діаметру трубопроводу, тобто більшої наближеності процесу до виробничих умов, їхньої різності.

Отже, актуальною є задача побудова математичної моделі процесу вимірювання витрати газу реалізована на оцінюванні ймовірнісних характеристик потоку з врахуванням вищенаведених параметрів. Це дозволить зменшити основну похибку вимірювання до значення $\pm 0,1 \dots 0,07\%$ що в свою чергу збільшить ймовірність застосування системи на виробництві.

Ключові слова: статичні характеристики, вимірювання, середовище, шуми, потік.

УДК 681.121

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТ РІДИН ТА ГАЗІВ

Коробко І.В., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна.

Дефіцит енергетичних ресурсів і неминуче його зростання у майбутньому обумовлюють особливу актуальність проблеми раціонального використання та ефективного обліку енергоносіїв зокрема нафтопродуктів, спиртів, води та інш. Ефективність систем контролю за спожитими енергетичними ресурсами суттєво підвищиться при оснащенні їх приладами вимірювання з високими метрологічними характеристиками.

При проектуванні вимірювальних перетворювачів витрат рідин та газів (ВПВ) необхідно розв’язувати задачі пов’язані із різними галузями науки і техніки. Одні з них можуть бути розв’язані як тривіальні конструкторські задачі шляхом традиційного проектування, інші – потребують проведення

складних досліджень в галузі гідроаеродинаміки, динаміки і міцності, інформатики, обчислювальної математики, метрології, теорії проектування та інш.

Вибір раціональних значень частини геометричних і експлуатаційних характеристик можна здійснювати механічним перебором варіантів, але такий підхід вимагає великих затрат матеріальних та часових ресурсів, пов'язаних із виготовленням та проведенням експериментальних досліджень варіантів конструкції.

Більш прогресивними є методи вирішення задач проектування шляхом розв'язання оптимізаційних задач із застосуванням сучасних методів обчислювальної математики та інформатики. При такому підході необхідно в першу чергу виділити ті оптимізаційні задачі, які в найбільшій степені визначають якісні показники функціонування ВПВ.

На розгляд цих питань і направлена дана доповідь. В ній також розглядаються питання виборі цільової функції, функцій впливу, обмежень і методів пошуку оптимальних розв'язків в задачах проектування ВПВ.

Складність розв'язання задачі проектування долається на основі системного підходу з допомогою декомпозиції її на ряд задач, які знаходяться поміж собою в ієрархічному структурному співвідношенні. На першому етапі розв'язується задача більш високого рівня. Оптимізована в цій задачі інформація поступає в більш низький рівень у вигляді вихідних даних. Кожні рівневі моделі являють собою задачі нелінійного програмування, а оскільки процес проектування ВПВ є складною ієрархічною структурою математичних моделей, то вся система реалізується у вигляді визначеної послідовності вкладених задач нелінійного програмування.

Ключові слова: вимірювання витрат, вимірювальні перетворювачі, оптимізація, проектування.

УДК 681.121

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА ВОДИ

Коробко І.В., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна.

Системи споживання паливно-енергетичних ресурсів та води (ПЕРВ) набувають розвинення в Україні. Постійне зростання вартості ПЕРВ обумовлює необхідність запровадження відповідних заходів економії. Необхідною умовою цих заходів є контроль за використанням ПЕРВ з метою зменшення нераціональної складової витрат.

Для організації дієвої системи енергозбереження необхідно реалізувати ефективну систему вимірювання і обліку витрат енергетичних ресурсів. Останнім часом виникає гостра необхідність у вимірюванні витрат і кількості енергоносіїв з різною динамікою їх протікання – від стали потоків до потоків з тривалістю соті долі секунди. Це визначає необхідність створення приладів і систем вимірювання витрат енергоносіїв з високими метрологічними і експлуатаційними характеристиками.

До приладів та систем вимірювання витрат (ПРСВ) ПЕРВ висувається багато різних вимог: підвищення точності вимірювання, досягнення максимальної незалежності результатів вимірювання від зміни параметрів ПЕРВ та експлуатаційних умов., підвищення надійності роботи, поліпшення динамічних характеристик, розширення діапазону вимірювання, дистанційна передача інформації тощо.

Різноманіття цих вимог спричиняє розробку великої кількості різних методів вимірювання витрат та кількості рідин та газів. На сьогоднішній день вибір ПРСВ та кількості здійснюється переважно інтуїтивним емпіричним шляхом.

В доповіді розглядаються питання побудови системи автоматизованого вибору ПРСВ. Така система розробляється на основі створення системи критеріїв оцінювання і проведення багатокритеріального оцінювання ПРСВ і базується на розроблених математичних моделях основних типів ПРСВ, математичних моделях та алгоритмах підтримки інтелектуальної діяльності людини при прийнятті рішень оцінювання та обґрунтування вибору оптимальних ПРСВ для конкретних ПЕРВ та умов їх вимірювання, на основі.

Ключові слова: витрата, кількість, вимірювальний перетворювач, енергетичні носії.

УДК 621.121

К ВОПРОСУ О КОРРЕКТНОСТИ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Головачёв П.Г., НПП „Техприлад”, г.Київ, Украина

Предоставленные в рекомендациях МИ 2412-97(1) уравнения измерения тепловой энергии являются исходными для разработки алгоритмов измерений, применяемых в теплосчётчиках, методиках выполнения измерений и схемах узлов учёта тепловой энергии. Тепловая энергия, полученная потребителем на вводе при неравенстве расходов теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, включая утечки теплоносителя, Q:

$$Q = \int_{\tau_0}^{\tau_1} m_1 h_1 d\tau - \int_{\tau_0}^{\tau_1} m_2 h_2 d\tau - \int_{\tau_0}^{\tau_1} (m_1 - m_2) h_{xs} d\tau; \quad (1)$$

Обычно микропроцессорные теплосчётчики производят расчет тепловой энергии не по формуле (1), а по формулам численного интегрирования, которые в данном случае имеют вид:

$$Q = \sum_i m_{1i}(h_1 - h_{xв}) - \sum_i m_{2i}(h_2 - h_{xв}); \quad (2)$$

Поскольку ни один из членов, входящих в формулу (2) недоступен для прямого измерения, используются косвенные измерения параметров: t – температуры, P – давления, V – объёма теплоносителя, по которым производятся вычисления m и h , а затем и Q .

Мы в данной работе рассмотрим один аспект корректности алгоритма вычисления тепловой энергии по формуле (2).

При определённых значениях параметров m и t могут возникнуть ситуации, которые приводят на практике к некорректному вычислению Q .

Допустим, что в какой-то момент, из-за неисправности расходомера на подающем трубопроводе m_1 станет равным нулю. В этом случае приращения энергии Q во времени будет иметь знак минус и интегральное значение Q начнёт уменьшаться, что с точки зрения математики вполне возможно. Но с физической точки зрения это противоречит законам сохранения энергии и в теплосчётчике должен быть предусмотрен такой алгоритм вычисления, который бы блокировал работу тепловычислителя при возникновении отрицательных значений приращений энергии.

Отрицательные приращения энергии в расчётах по формуле (2) могут также возникнуть при исправных преобразователях расхода и термопреобразователях сопротивления:

$$m_2 k_t (t_2 - t_{xв}) > m_1 k_t (t_1 - t_{xв}); \quad (3)$$

После несложных преобразований формулы (3) получим условия некорректной работы алгоритма вычисления тепловой энергии:

$$\varepsilon > \frac{(t_1 - t_2)}{(t_2 - t_{xв})} \quad (4)$$

Таким образом, при расчёте тепловой энергии в открытых системах отопления или ГВС необходимо предусматривать в алгоритме вычисления блокировку расчёта тепловой энергии и выдачу соответствующего кода ошибки, когда соблюдаются условия $m_2 > m_1$ и $t_2 > t_1$.

Если $m_2 > m_1$ на допустимую величину, вызванную погрешностью измерения расходов, то разницей $(m_1 - m_2)$ необходимо пренебрегать и расчёт энергии производить по формуле: $Q = \sum (m_1 + m_2) / 2 (h_1 + h_2)$

Ключевые слова: измерение тепловой энергии, корректность алгоритма.

УДК 621.121

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИТРАТОМІРІВ

*Кузьменко П.К., Науково-дослідний центр “Прилади і системи енергозбереження”
НТУУ “КПІ”, м. Київ, Україна.*

Завдяки своїм широким можливостям електромагнітний витратомір знайшов широке застосування в промисловості. Однак дотепер важко проводити вимірювання таких рідинах як: низькопровідні рідини, повільнотекучі рідини, висококонцентровані гідросуміші, що містять тверді тіла і клейкі рідини. Єдиним ефективним способом розв’язання цієї проблеми є вдосконалення методу обробки сигналів для збільшення інформативної складової масиву виміряних сигналів.

Для того щоб вибрати найбільш придатний алгоритм обробки сигналів і оцінити його ефективність, насамперед, необхідно створити моделі проходження сигналів крізь вимірюване середовище. Оскільки через котушки електромагнітного витратоміру пропускають струм синусоїдальної або прямокутної форми, що не завжди залишається стабільним завдяки низці об’єктивних причин, то моделі проходження сигналів змінюються.

Дані моделі проходження сигналів електромагнітного витратоміра не можуть кількісно описати взаємозв’язок між вихідним сигналом датчика, витратою і сигналом порушення.

Проблема полягає в тому, що не враховується вплив деяких фактів, наприклад, вплив вихрового струму, що індукується в корпусі витратоміра або в суміжному пристрої.

Друга проблема полягає в тому, що не можна представити кількісний зв’язок між вихідним сигналом датчика, витратою і сигналом порушення, а величини коефіцієнтів пропорційності такого зв’язку визначити теоретично неможливо. Це відбувається тому, що проводиться усього лише якісний аналіз згідно закону Фарадея і допускається низка припущень.

Третя причина, що унеможливорює одержання точної моделі проходження сигналів – це складна на практиці взаємодія між електромагнітним полем і рідиною.

Тому моделювання сигналу повинне ґрунтуватися і на законі Фарадея, і на експериментальних даних і, у той же час, повинні застосовуватися деякі методики розрахунків.

Експериментальні дослідження повинні бути основою теоретичного моделювання.

Ключові слова: моделювання, електромагнітний витратомір.

УДК 681.121

ПРОЕКТУВАННЯ ТАХОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТ З ГІДРОДИНАМІЧНИМ ВРІВНОВАЖЕННЯМ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ

*Писарець А.В., Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут”, м. Київ, Україна*

Проектування будь-якого вимірювального перетворювача (ВП) передбачає декілька етапів:

- вивчення принципу дії та конструктивних особливостей ВПВ;
- побудову математичної моделі (визначення загального вигляду рівнянь, що описують роботу ВП, та їх кількості; визначення необхідних коефіцієнтів рівнянь, що описують роботу ВП);
- розробку алгоритму та програмного забезпечення реалізації математичної моделі ВП;
- розробку програмного забезпечення для дослідження метрологічних характеристик ВП;
- перевірку адекватності фізичної та математичної моделей;
- розробку алгоритму оптимізації конструктивних параметрів ВП;
- розробку програмного забезпечення для проведення оптимізації конструктивних параметрів ВП.

Математична модель турбінних ВП з гідродинамічним врівноваженням чутливого елемента (ЧЕ) у загальному випадку є системою рівнянь обертального та поступально-повздовжнього руху ЧЕ:

$$\begin{cases} 2\pi J \frac{dn}{dt} = M_P - M_{BT} - M_{II} - M_{BII} + M_{REG} - M_{BP} \\ m \frac{d^2x}{dt^2} = F_{OC} - F_{BP} + F_{REG} \end{cases},$$

де J – момент інерції ЧЕ; M_P – рушійний момент від потоку вимірюваного середовища; M_{BT} – момент сил в'язкого тертя між ЧЕ та потоком вимірюваного середовища; M_{II} – момент сил тертя в опорах ЧЕ; M_{BII} – момент реакції вторинного перетворювача; M_{REG} – регулюючий момент; M_{BP} – момент від сили врівноваження; m – маса ЧЕ; x – повздовжнє переміщення ЧЕ; F_{OC} – сила, що діє на ЧЕ в напрямку потоку вимірюваного середовища; F_{BP} – сила, що врівноважує ЧЕ; F_{REG} – регулююча сила, прикладена до ЧЕ з боку регулятора його положення.

Особливістю математичної моделі турбінного ВП з гідродинамічним врівноваженням ЧЕ є наявність умов рівноваги ЧЕ, що залежать від конструкції ВП і визначаються з умов виникнення регулюючого зусилля.

Ключові слова: витрата, первинний перетворювач витрат, прилади вимірювання витрат та кількості рідин, турбінний перетворювач витрат, врівноваження чутливого елемента

УДК 681.121

МЕТОДИЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ МАЛОВИТРАТНОГО ВИХОРОВОГО ВИТРАТОМІРА З ПІДВИЩЕНИМ КЛАСОМ ТОЧНОСТІ

Піндус Н.М., Остапів В.В., Витвицька Л.А., Івано-Франківський національний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна,

Запровадження в промисловість енергозберігаючих технологій передбачає в першу чергу підвищення вимог до засобів вимірювання витрати щодо надійності, точності, вартості, динамічного діапазону вимірювання, частотного вихідного сигналу, відсутності рухомих частин і т.д. Якнайповніше цим вимогам задовольняють вихорові витратоміри обтікання, за допомогою яких останнім часом розв'язується близько 20% всіх задач вимірювання витрати суцільних середовищ. Принцип вимірювання даних витратомірів оснований на залежності частоти вихорів, які утворюються в досліджуваному потоці за тілом обтікання, від швидкості руху потоку. Необхідною умовою роботи даних витратомірів є забезпечення лінійності цієї залежності, яка досягається при постійності параметрів потоку, що визначаються безрозмірним числом Струхалія, а також можливості вимірювання частоти вихороутворень. Тому до недоліків вихорових витратомірів відносяться значна втрата тиску, яка досягає 30-50 кПа, а також на даний час їх непридатність для використання при числах Рейнольдса менших 10^4 .

Моделювання гідродинамічних процесів утворення вихорів за тілами обтікання різної форми для потоків з різними числами Рейнольдса та Струхалія дало можливість запропонувати конструкцію маловитратного вихорового витратоміра. Тіло обтікання представляє собою поєднання циліндричної та призматичної форм з наскрізним отвором - каналом перетоку. Порожнина перетічного каналу є резонатором з власною частотою резонансу і коефіцієнтом затухання, які визначаються його розмірами і швидкістю пружних коливань у вимірюваному середовищі. Коливання сприймаються тонкою гнучкою пластиною (електродом), по обидві сторони від якої розташовані стрижні, один з яких є електродом, а інший – обмежувачем коливань пластини. Знакозмінний потік рідини в каналі зворотного зв'язку тіла обтікання примушує гнучкий електрод коливатися з частотою, рівною частоті пульсацій. При зміні відстані між гнучким електродом, що коливається, і стрижневим електродом одночасно змінюється міжелектродна провідність, величина якої перетворюється в електричний сигнал. Дослідження показали, що даний витратомір забезпечує вимірювання витрати з достатньо високою

точністю (розрахована невизначеність не перевищує 1%) при числах Рейнольдса 1000 – 1300.

Ключові слова: вихоровий витратомір, пульсації, числа Рейнольдса, Струхаля.

УДК 681.121

К.В.М. – НА РИНОК З НОВИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Коломійченко В. В., Тюпа В.С., ТОВ „К.В.М. Завод водотеплолічильників”

Сучасний стан справ у сфері обліку води, істотно гальмує розвиток ринкових відносин в економіці України, сприяє розкраданню і безгосподарному використанню природних ресурсів, перешкоджає ефективному проведенню енергозберігаючих заходів. На сучасному етапі фактично склалися умови, коли у підприємств, що займаються виробництвом, передачею і розподілом паливно – енергетичних ресурсів, відсутня зацікавленість у підвищенні якості обліку, у виявленні і зниженні неконтрольованих втрат. Крім того, ресурси планети використовуються такими темпами, що через декілька поколінь люди вже не матимуть можливості користуватися ними.

Успішне рішення даної проблеми передбачає наявність сучасних витратомірів рідини необхідної точності та надійності, встановлення лічильників води, конструкція яких буде одночасно підходити для сучасної води, маючи при цьому високу точність обліку.

Враховуючи те, що конструктивне виконання більшості лічильників води різних марок, які заповнили ринок України, не зовсім відповідає потребам користувачів. Спеціалістами ТОВ „К.В.М. Завод водотеплолічильників” виготовляються та впроваджуються лічильники води, конструкція яких виконана так, щоб захистити роботу приладу від стороннього втручання. Чутливий елемент у вигляді дев'яти лопатної зірки обертається тільки на верхній опорі, чим забезпечено розвантаження опор, що навіть при воді з підвищеним вмістом домішків не виникає закоксування крильчатки. Щоб підтвердити якість та точність даних лічильників підприємство дає п'ятирічну гарантію. Великим попитом користується водо лічильник, конструкція якого виконана на базі конструкції лічильників ZENNER та CONTORGROUP. Корпус виконаний в короткому виконанні, тобто довжина його складає 80 мм, коли ж стандартний корпус лічильника має довжину в 110 мм.

Ще однією особливою продукцією є лічильник води типу „мокрохід”. Лічильники мокрого типу дуже прості та достатньо ефективні прилади обліку води. Не зважаючи на те, що лічильний механізм не захищений від потоку води, в середину лічильного механізму вода не проникає, хоча обертання крильчатки передається на нього методом зубчатої передачі. Цей ефект досягається заповненням камери лічильного механізму в'язким гідрофобним

наповнювачем, а саме технічним гліцерином, що не змішується з водою та не перешкоджає руху шестерень, але ізолює їх від води. Водолічильники такої конструкції встановлюються в місцях з підвищеною вологістю.

Ключові слова: проблема, конструкція, лічильник.

УДК 681.325

ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ КАНАЛІВ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ВИТРАТИ ЕНЕРГОНОСІВ РЕАЛІЗОВАНИХ НА ВИПАДКОВИХ СИГНАЛАХ ЗІ ЗМІННОЮ ЕНТРОПІЄЮ

Козленко М.І., Мельничук С.І. ІМЕ «Галицька академія», м.Івано-Франківськ, Україна

Побудова надійних каналів обміну даними на основі широкосмугових сигналів є важливою умовою створення якісних автоматизованих комплексів контролю витрати енергоносіїв. Одним з перспективних способів формування та обробки таких сигналів є використання імовірнісних характеристик послідовності його окремих фрагментів. Тобто при формуванні ентропія кожного фрагменту сигналу-носія поставлена у відповідність до символів інформаційного повідомлення, а при обробці здійснюється статистичне оцінювання ентропії кожної реалізації прийнятого сигналу, з подальшим прийняттям рішення щодо дискретного значення прийнятого символу.

Одним з ефективних типів сигналів, з погляду забезпечення завадостійкості згаданого способу, є сигнали з рівномірною спектральною щільністю потужності та нормальним розподілом ймовірностей амплітуд. Оцінка ентропії такого сигналу визначається через оцінку S^2 його дисперсії згідно виразу $\mathcal{H} = \log_2 \sqrt{2\pi e S^2}$.

Отримано завадостійкість (рис.1, крива 1) способу для AWGN – завади отримана шляхом моделювання для сигналів у смузі частот 0,1 Гц - 24 кГц і базою 17 дБ, сформованих за допомогою ЦАП з частотою дискретизації 48 кГц при швидкості передавання інформації 480 біт/с та розміру вибірки 100 відліків.

Як можна побачити, завадостійкість такого способу (при $P_b = 10^{-6}$) менша на 4,5 дБ у порівнянні з оптимальною кореляційною обробкою (крива 2) ортогональних сигналів. Проте, такий рівень завадостійкості досягається за

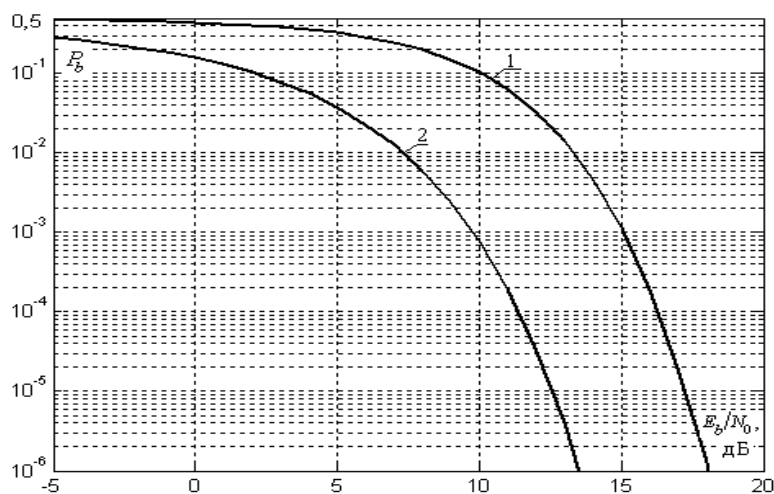


Рис. 1. Залежність ймовірності помилки від нормованого співвідношення сигнал/завада

допомогою значно менших апаратних та

обчислювальних ресурсів, оскільки відсутня необхідність збереження взірців форми сигналів на стороні приймання та необхідність збереження у буфері усіх відліків прийнятого сигналу за символний інтервал.

Ключові слова: формування, обробка, широкосмуговий сигнал, ентропія.

УДК 541.128

КОНТРОЛЬ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

*Михайлів В.І. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м.Івано-Франківськ, Україна*

Безперебійна, тривала та ефективна робота електрообладнання тісно пов'язана з якісними параметрами електричної енергії, що надходить до споживачів. На практиці фактичні значення показників якості електричної енергії (ПЯЕЕ) відрізняються від нормованих значень внаслідок впливу різноманітних факторів. На даному етапі існує проблема з забезпеченням споживачів якісною електроенергією із-за відсутності системного підходу до аналізу ПЯЕЕ як зі сторони енергокомпаній так зі сторони споживачів.

В існуючій методиці проведення вимірювань відсутні необхідні пояснення та конкретизація, що дає можливість конфліктуючим сторонам оскаржувати точність та коректність проведених вимірювань ПЯЕЕ та правильність оцінки їх результатів на межі балансової належності електрогенеруючих та електропередавальних (магістральних) мереж з постачальними мережами (обленерго), обленерго з мережами споживачів.

Для контролю якості електричної енергії широко використовують сертифіковані прилади, які дозволяють заміряти всі ПЯЕЕ, зберігати їх середні значення за певний запрограмований інтервал часу та виконувати автоматичну обробку результатів вимірювань на комп'ютері.

Як показав проведений аналіз результатів вимірювань на Івано - Франківщині до основних ПЯЕЕ, що перевищують гранично допустимі значення відносяться: відхилення напруги; коливання напруги (розмах зміни напруги та доза флікеру); короткочасні провали напруги; імпульсні перенапруги; несинусоїдальність напруги (коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги та коефіцієнт гармонік вищих порядків); несиметрія напруг, яка характеризується коефіцієнтами несиметрії напруг зворотної та нульової послідовності.

При вирішенні комплексу питань, пов'язаних з контролем ПЯЕЕ та їх покращенням, необхідно знати причини виникнення та характеристики джерел спотворень напруги, ступінь їх впливу на роботу електротехнічного обладнання, використовувати технічні засоби знешкодження спотворень. Необхідно розробити нормативні документи по визначенню причин зниження показників якості електричної енергії з вини споживачів і подальших дій енергокомпаній в

таких випадках, визначити порядок взаємовідносин між НЕК "Укренерго" та облэнерго в питаннях проведення замірів та забезпечення ПЯЕЕ на межі балансової належності.

Ключові слова: якість електричної енергії, відхилення, коливання, несиметрія та несинусоїдальність напруги, флікер.

УДК 681.121

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ОБЛІКУ ЕНЕРГОВМІСТУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Вацшишак С.П., Романів В.М., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Величина, що характеризує кількість енергії, яка може бути отримана під час згорання горючих газів, називається енерговмістом. Вона безпосередньо залежить від теплотворної здатності компонентів природного газу, їх об'ємної частки та загального об'єму газу, який пройшов через замірний вузол.

Сучасні автоматизовані системи для обліку енерговмісту природного газу складаються з мікрохроматографів та лічильників або витратомірів газу з єдиним обчислювачем, розміщеним безпосередньо на замірній ділянці. Через високу вартість та складність в обслуговуванні такі системи не знайшли широкого використання на газопроводах середнього тиску та підприємствах із значним споживанням природного газу. Тому була запропонована система, яка складається із багатоканального інфрачервоного газоаналізатора та замірної ділянки на основі лічильника газу турбінного типу. Структурна схема подана на рис. 1.

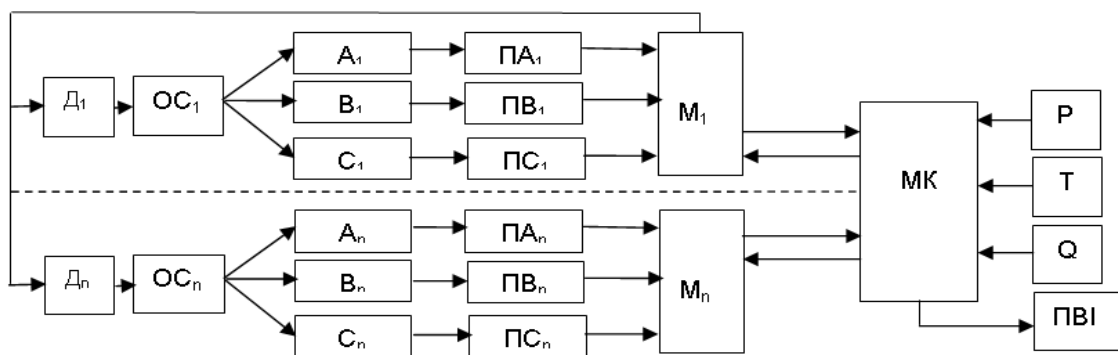


Рис. 1. Структурна схема системи обліку енерговмісту природного газу

Система складається із багатоканального ІЧ-газоаналізатора, до складу якого входять джерела ІЧ-випромінювання D_1 - D_n , оптичні системи OS_1 - OS_n , кювети (еталонні A_1, C_1 - A_n, C_n та вимірювальні B_1 - B_n) приймачі ІЧ-випромінювання PA_1 - PC_n , мультиплектори M_1 - M_n , мікропроцесорний контролер МК і пристрій передачі та відображення вимірювальної інформації

ПВІ, а також замірної дільниці для вимірювання об'єму газу, яка складається з лічильника газу Q з удосконаленим вузлом перетворення та передачі інформації і давачів температури T та абсолютного тиску P . За результатами статистичного аналізу газових родових та магістральних газопроводів побудована математична модель для визначення об'ємної концентрації вищих компонентів природного газу на основі прямих вимірювань метану, етану, пропану за допомогою багатоканального ІЧ-газоаналізатора.

Ключові слова: енерговміст, ІЧ-газоаналізатор, система, природний газ.

СЕКЦІЯ 9 ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ

УДК 681.21

СИСТЕМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КВАЗИСТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ ТА МЕТОДИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЇЇ СТАНІВ

Андрушко І. В., Івано-Франківський інститут менеджменту та економіки «Галицька академія», м. Івано-Франківськ, Україна

Всі об'єкти керування технологічних процесів характеризуються параметрами, що мають стаціонарні, квазістаціонарні та нестаціонарні властивості. На промислових підприємствах більше 60% контрольованих параметрів технологічного процесу мають властивості квазістаціонарності. До таких об'єктів відносимо промислові резервуари, нафтогазопроводи, печі, а також новітні технологічні процеси, які пов'язані з мікроелектронікою та автоматизованою механікою. До параметрів із стаціонарними властивостями відносять ті, зміна яких незначно відхиляється від заданого значення, допустимий діапазон зміни яких знаходиться в межах допустимої апертури, обумовленої технологічним процесом. На рис. 1 наведено приклад стаціонарного процесу:

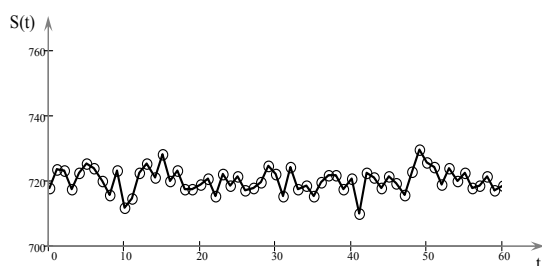


Рис. 1 Стаціонарний процес зміни параметра об'єкта керування

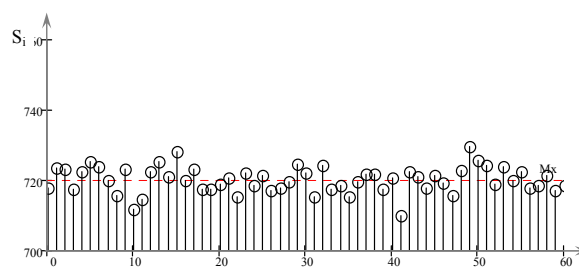


Рис. 2 Решітчаста функція процесу зміни параметра ОК