

ЗАСІБ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ТОЧКИ РОСИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджено існуючі засоби вимірювання вологості природного газу та запропоновано засіб вимірювання вологості природного газу на основі НВЧ методу точки роси.

Ключові слова: природний газ, вологість, метод точки роси, НВЧ.

Abstract

In this work investigates existing means of measuring the natural gas humidity and proposes a means of measuring the natural gas humidity based on the microwave dew point method.

Keywords: natural gas, humidity, dew point method, microwave.

Вступ

Однією з найважливіших задач при транспортуванні природного газу є оцінка його якості, зокрема за показником вологості. Під поняттям «якість природного газу» розуміють відповідність його складу певним значенням його основних характеристик, таких як теплотворна здатність, вміст вологи та наявність корозійно-активних компонентів (сірководень, вуглекислий газ і т.п.).

Природний газ, що видобувається зі свердловин, проходить обов'язкову підготовку перед транспортуванням кінцевому споживачу. Це пов'язано з тим, що природний (або попутний нафтовий) газ, будучи складною сумішшю різних вуглеводневих компонентів, містить крім них різні домішки, що роблять істотний вплив на процес транспортування газу по магістральних трубопроводах. Найбільш значимими є домішки води, наявність якої неприпустима з багатьох причин. Водяна пара збільшують вартість перекачування, погіршує якість кінцевого продукту, приводять до прискорення корозії трубопроводу. Але ж найсерйознішим результатом є гідратуутворення, яке відбувається за певних умов транспортування. В результаті зменшується пропускна спроможність газопроводу (до повної закупорки), ушкоджуються фільтри, крани, компресори. Утворення гідратних пробок в трубопроводах вважається вельми серйозною аварією, ліквідація якої є надзвичайно дорогим заходом. Вартість ліквідації тільки однієї крупної гідратної пробки навіть в місці, доступному для пересування транспортних засобів, може скласти декілька десятків тисяч доларів.

Умови транспортування не потребують повного видалення вологи з природного газу, а вимагають лише підтримки необхідної температури точки роси вологи та вуглеводнів, що не переводить газ, при зниженні його температури, з ненасиченого стану в насичений, при якому можливе виділення конденсованої фази з його складу. Для попередження цих процесів необхідно точно прогнозувати та визначати теплові та гідравлічні режими газопроводів, оптимальні температури точки роси вологи та вуглеводнів природного газу, що транспортується. [1].

Оскільки існуючі засоби вимірювання вологості природного газу внаслідок низького рівня достовірності результатів втрачає свою доцільність, невисока швидкість вимірювання та неможливість інтеграції цих засобів в загальну систему. На підприємствах газової промисловості України на сьогодні є актуальним питання засобів вимірювання, здатних визначати одночасно декілька показників якості, а саме: температура точки роси, компонентів газу та температура початку утворення кристалогідратів, криги.

Отже, необхідність та важливість нових методів та засобів для точного та швидкого визначення вологості природного газу зумовили вибір теми дослідження. Створення нової сучасної системи вимірювання показників якості природного газу, забезпечення точного, швидкого та достовірного визначення вологості з урахуванням домішок в його складі. Тому тема дослідження є актуальною.

Результати дослідження

Метод точки роси, що застосовувався протягом багатьох років в якості точного лабораторного методу визначення вологості повітря, за останні десятиліття став одним з основних методів автоматичного контролю вологості повітря та інших газів. Він знаходить широке застосування в промисловості, метеорології, дослідженнях атмосфери за допомогою літальних апаратів. При практичному здійсненні методу процес конденсації утворюється на поверхні охолоджуваного твердого тіла («конденсаційного майданчика»), який в подальшому будемо називати дзеркальцем. Удосконалення і автоматизація операцій охолодження дзеркальця і виявлення конденсату на його поверхні перетворили визначення точки роси в безперервний, малоінерційний вимірювальний процес.

Переваги гігрометрів точки роси - великі межі вимірювань, до низьких температур (-100°C і нижче), в широкому діапазоні температур і тисків, що охоплює низькі негативні температури і високий тиск, задовільна точність у всьому діапазоні вимірювань, вихідна величина, консервативна по відношенню до температури аналізованого газу, можливість градування по температурі, а не по вологості.

Їх основними недоліками є деяка складність конструкції (наявність охолоджуючого пристрою), зменшення точності вимірювання зі збільшенням відносної вологості, залежність результату вимірювання від характеру і стану поверхні дзеркальця, від його забруднення.

Вимірювання температури точки роси зводиться до виконання наступних операцій: 1) зниження температури поверхні дзеркальця; 2) фіксації моменту виникнення конденсату (у вигляді роси або льоду) на робочій поверхні дзеркальця; 3) вимірювання температури цієї поверхні[1].

Ступінь автоматизації перерахованих операцій визначає тип гігрометра. У неавтоматичних гігрометрів всі операції виконує людина. Напівавтоматичні гігрометри характеризуються тим, що одна або дві з перерахованих операцій виконуються автоматично. Нарешті, в автоматичних приладах автоматизовані всі операції, пов'язані з процесом вимірювання. Перші два типи охоплюють прилади дискретної дії, третій - гігрометри, призначені для неперервного вимірювання і регулювання. Відома велика кількість гігрометрів точки роси всіх зазначених типів, що відрізняються своїми конструктивними особливостями і роботою окремих частин.

Неавтоматичні гігрометри точки роси мають найбільш просту конструкцію і низьку вартість. Фіксація моменту початку конденсації кілька умовна. Температура появи помітного нальоту на поверхні дзеркальця і температура, при якій цей наліт зникає, значно різняться. У неавтоматичних гігрометрів як точка роси приймається середня арифметична зазначених температур, що створює можливість суб'єктивних помилок оператора. У найпростіших неавтоматичних гігрометри для охолодження дзеркальця застосовувалися легко випаровуються рідини (ефір і ін.). Швидкість випаровування зменшується з пониженням температури, і цей спосіб неприйнятний при низьких температурах. У напівавтоматичних і автоматичних гігрометрах знайшли застосування охолоджуючі суміші, найчастіше суміші твердої вуглекислоти (сухий лід) з бензином або спиртом (температура $-78,6^{\circ}\text{C}$ при атмосферному тиску). Для більш глибокого охолодження використовують зріджені гази, наприклад азот або рідкий повітря (температура -194°C)[3].

Напівавтоматичні гігрометри дозволяють за умови вибору належного охолоджувача вимірювати дуже низькі температури точки роси. Однак при температурах менше -80°C сильно зростає кількість газу, необхідної для надійного виявлення оком шару конденсату; відповідно збільшується тривалість одного виявлення. Численні конструкції неавтоматичних і напівавтоматичних гігрометрів точки роси описані в посібниках з метеорологічними вимірами.

Найбільший інтерес представляють автоматичні гігрометри точки роси. Прилади цього типу мають значно більш високу швидкодію, але порівняно з неавтоматичними приладами і можуть працювати в автоматичних системах. Автоматичне фіксування точки роси за розмірами (товщина, діаметр) шару конденсату є об'єктивним і дозволяє правильно вибрати момент вимірювання і підвищити його точність[2].

Метрологічні та інші технічні характеристики автоматичного гігрометра точки роси в значній мірі залежать від прийнятого способу охолодження дзеркальця.

Сучасні прилади цього типу мають термоелектричне охолодження, вимірювальну схему, зібрану на статичних елементах (магнітних напівпровідникових і т.п.), і відрізняються високою надійністю, малими габаритами і вагою.

Перспективним є НВЧ метод, який полягає в вимірюванні вологості природного газу за методом визначення температури точки роси в умовах високого вмісту парів вищих вуглеводнів. У способі визначення температури точки роси по воді в природному газі, заснованому на вимірюванні температури охолоджуваного дзеркала в момент початку конденсації на ньому парів води, для контролю стану поверхні дзеркала використовуються радіохвилі сантиметрового або міліметрового діапазонів. Вимірювальна комірка гігрометра містить діелектричний хвилевід, що охолоджується термоелектричним модулем, і датчик температури поверхні хвилеводу. З одної сторони хвилеводу розміщується джерело НВЧ-хвиль, з іншого - детектор цих хвиль. При охолодженні хвилеводу нижче температури точки роси на ньому починають конденсуватися крапельки вологи, при цьому через поглинання радіохвилі НВЧ-діапазону в воді амплітуда сигналу з детектора падає, що фіксується електронною схемою. На плівку конденсату вищих вуглеводнів пристрій практично не реагує. Даний спосіб дозволяє зменшити похибку визначення температури точки роси в природному газі в присутності парів вищих вуглеводнів в порівнянні з оптичними приладами, що використовуються для цієї мети, в кілька разів [4].

Конденсаційні оптичні гігрометри вимірюють температуру точки роси по волозі досить добре, якщо при зниженні температури дзеркала першої починає конденсуватися вода. Однак, якщо в газі містяться пари пропану, бутану, пентану і інших вищих вуглеводнів, що мають високі температури конденсації (а в реальних природних газах, як правило, реалізується саме ця ситуація), то при охолодженні дзеркала спочатку будуть випадати конденсати вищих вуглеводнів.

При цьому визначення температури точки роси по волозі буде проводитися з великою похибкою. Це відбувається через те, що оптичні властивості вищих вуглеводнів і води близькі і розрізнити початок утворення плівки води на плівці вищих вуглеводнів (яка до того ж одночасно збільшується по товщині через безперервну конденсації вищих вуглеводнів) важко, а часто і неможливо. Особливо важка ситуація існує на станціях підземного зберігання газу, які засновані на колишніх газоконденсатних родовищах. Навіть новітні конденсаційні прилади працюють там вкрай нестійкий через високий вмісту парів високих вуглеводнів в досліджуваному газі[5].

Висновки

В роботі запропоновано вимірювання вологості природного газу з використанням НВЧ діапазону та охолоджуваного дзеркала із прозорого матеріалу з високою теплопровідністю. Таким чином, підвищується точність вимірювання вологості природного газу за методом визначення температури точки роси в умовах високого вмісту парів вищих вуглеводнів та дає перевагу над оптичними приладами вимірювання вологості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Халиф А. Л. , Туревский Е. Н. , Сайкин В. В. , Сахаров В. Е. , Бахметьев П. И. Приборы для определения влажности природного газа. Москва, ИРЦ Газпром, 1995 г. , 45 с.
2. Москалев И. Н. , Битюков В. С. , Филоненко А. С. , Гаврилин А. К. , Федосов В. М. , Ефременко И. А. Влагодетекция природного газа: состояние и проблемы. Москва, ИРЦ Газпром, 1999, 36 с.
3. ОСТ 51.40-93. Газы горючие, природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным трубопроводам.
4. Плехоткин В. П. , Ткаченко М. Ф. , Серебро Ж. М. Методические особенности определения точки росы природных горючих газов. В сб. "Всесоюзная научно-техническая конференция Термогаз-89", Харьков, 1989, 209-214 с.
5. Gritsenko A.I., Istomin V.A., Kulkov A.N., Suleimanov R.S. Gathering and Conditioning of Gas on the Northern Gas Fields of Russia. Moscow, Nedra Publishing House, 1999

Йосип Йосипович Білинський – доктор техн.наук, проф., зав. кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця; e-mail: yosyp.bilynsky@gmail.com

Віталій Валерійович Красносельський – аспірант кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: wommerses@gmail.com

Bilynsky Yosyp Y. — Doctor of Technical Sciences, Prof., Head. Department of ENS, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia; Email: yosyp.bilynsky@gmail.com

Vitalii Krasnosielskyi – postgraduate the Chair of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: wommerses@gmail.com