

СЕКЦІЯ 8

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ

УДК 621.311.001.57(063)

ОСНОВНІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБАМИ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Закладний О. О., Прокопенко В. В., Кульбачний П. В., Гребенюк Т. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

E-mail: zakladniy@gmail.com, progrek@gmail.com, orionk@ukr.net, t.hrebeniuk07@gmail.com

Серед споживачів електроенергії основну частку складають електродвигуни різного призначення, які споживають дві третини виробленої енергії. Саме тут існують найбільші резерви енергозбереження.

Більшість електродвигунів працюють у нерегульованому режимі, а отже – з низькою ефективністю. Через недоліки проектування й експлуатації електропривода коефіцієнт завантаження багатьох машин не перевищує 50 %, що вимагає зниження встановленої потужності двигунів. Робота привода в недовантаженому режимі призводить до величезних втрат, не враховуючи зниженого значення коефіцієнта потужності.

Недавній прогрес у напівпровідниковій індустрії, особливо в силовій електроніці і мікроконтролерах, зробив приводи з регулюванням частоти обертання більш практичними і значно дешевшими. Сьогодні регульовані приводи вимагаються не лише у промисловому виробництві, як наприклад, обробні машини чи підйомні крани, але усе більше – в побутовій техніці, наприклад, у пральних машинах, компресорах, невеликих насосах, кондиціонерах повітря і т. ін.

На даному етапі розвитку промисловості в Україні особливого значення набувають питання розробки та широкого впровадження методів і способів керування енергоефективністю (енергозбереженням) засобами промислового електропривода, оскільки з однієї сторони гостро постала проблема економії електроенергії, а з іншого боку, – з'явилася реальна можливість її ефективного використання стосовно головного її споживача – електроприводу.

Перелічимо далі основні шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електропривода: удосконалення процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки з метою дотримання номінального теплового режиму двигуна при експлуатації; підвищення економічності масового нерегульованого електропривода – перехід на енергозберігаючі двигуни і двигуни поліпшеної конструкції, які спеціально призначені для роботи з регульованим електроприводом; усунення проміжних передач,

економія електроенергії робочими установками і механізмами за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу; вибір раціональних режимів роботи й експлуатації електропривода.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективні технології, промисловий електропривод.

UDC 621.313

CALCULATION OF DEFENSE FOR TRANSFORMER IN THE CASE OF OVERLOAD IN SUBSTATIONS

*Ahmed Daud Mosheer, Jasim Mohmed Jasim Jasim, and M. S. S. Alkafaji
Al-Furat Al-Awsat Technical University, Kufa, Iraq*

E-mail: ahmed.david22@gmail.com, ljlleeba@gmail.com, muhmedsaah@gmail.com

The effect of any overload is an increase of the temperature of oil and windings of the power transformer with a reduction of its life time. The protection of a transformer against the overloads is performed by a dedicated protection usually called thermal overload relay. A transformer overload is always due to an increase of the apparent power demand (kVA) of the installation. This increase of the demand can be the consequence of either a progressive adjunction of loads or an extension of the installation itself. On double winding transformers defense is set from the side of feed (on the side kV) by one relay in a phase with action on a signal.

The current of actuation of defense from the overload that operates on a signal concerns by a formula

$$I_{сзперев} = \frac{K_H}{K_\epsilon} \cdot I_\epsilon.$$

Where, K_H – a coefficient of setup, which takes into account the error of relay and a required reserve, can be accepted $K_H = 1,05$; K_ϵ – a coefficient of returning $K_\epsilon = 0,8 \dots 0,85$; I_ϵ – current of winding of power transformer from the high side, A (cross sectional area for the chosen buses).

For this case, we obtain

$$I_{сзперев} = 1.05 \cdot 197.1 / 0.85 = 243.5 \text{ A},$$

Current of actuation of relay, A,

$$I_{спреле} = \frac{K_{cx} \cdot I_{сзперев}}{n_{me}}.$$

Where, K_{cx} is coefficient of chart $K_{cx} = 1$; $I_{сзперев}$ is current of actuation of defense from the overload of power transformer that operates on a signal, A; n_{me} is coefficient of transformation of current transformer, that is connected to the side of high voltage of power transformer. For this case, we obtain

$$I_{спреле} = 1 \cdot 243.5 / 80 = 3.0 \text{ A}.$$

We choose the relay PT 40/6. By the received value of actuation current of relay

of defense from the overload $I_{спреле}$ we choose from previous calculation relay PT-40 and bring its characteristic to the table 1.

Table 1. Parameters of relay PT-40 for defense transformer from the overload

Relay	Range of setup, A	Connection of spools						Watts-in at the current of minimum setup, VA
		series			parallel			
		Current of actuation, A	Thermal firmness, A		Current of actuation, A	Thermal firmness, A		
Prolong	During 1 s		Prolong	During 1 s				
PT-40/6	1.5-6	1.5-3	11	300	3-6	22	600	0.5

Keywords: protection for power system, relay protection, power transformer, defense.

UDC 621.313

CALCULATION OF MAXIMUM CURRENT DEFENSE ON THE SIDE OF LOW VOLTAGE IN SUBSTATIONS INSTALLATION

*Mohanad Aljanabi, Haider K. Al-Ajili, and Zaid H. Al-Tameemi
Al-Furat Al-Awsat Technical University, Kufa, Iraq*

E-mail: aljanabimohanad@gmail.com, haider.k.latif@gmail.com, zaidhamid1988@gmail.com

The Maximum currents defense (MCD) of power transformers and the case of substations are important for protection of power system. It is offset from its rating current

$$I_{релемснн} = \frac{K_H \cdot K_{сзан} \cdot K_{сх} \cdot I_{н1}}{K_{\epsilon} \cdot n_{тн}}$$

Where, K_H is a coefficient of reliability $K_H = 1,2$; $K_{сзан}$ – coefficient of self-starting $K_{сзан} = 2$; $K_{сх}$ is a coefficient of chart $K_{сх} = 1$; K_{ϵ} is a coefficient of returning $K_{\epsilon} = 0,8$; $n_{тн}$ is a coefficient of transformation of current transformer, which is connected to the side of low voltage of power transformer; $I_{н1}$ – a current of winding of power transformer from the low side. For this case, we obtain

$$I_{релемснн} = 1.2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1720 / (0.85 \cdot 800) = 9.1 \text{ A.}$$

Check up the sensitiveness of defense by current at diphasic s.c (short circuit), on the side kV:

$$K_{чутлнн} = \frac{I_{к3min}^{(2)} \cdot 10^3 \cdot \frac{U_{вн}}{U_{нн}}}{n_{тн} \cdot I_{релемснн}}$$

Where, $I_{к3min}^{(2)}$ is short circuit current; $U_{вн}$ is high voltage side; $U_{нн}$ is low voltage side. For this case, we obtain

$$K_{\text{чутлив}} = \frac{0.54 \cdot 10^3 \cdot \frac{110}{6.3}}{800 \cdot 9.1} = 1.30 > 2.$$

The coefficient of sensitiveness consists with a requirement of PUE (Rules of the electrical installation) and PTE (The rules of technical operation). Accept to installation relay PT- 40/20, with parallel connection of coil. According to the received value of current $I_{\text{релемси}} = 9.1$ A, choose from the previous calculation relay PT-40 and bring characteristics to table 1.

Table 1. Parameters of relay PT-40 for maximal current defense of transformer on the side of low voltage

Relay	Range of setup, A	Connection of spools						Watts-in at the current of minimum setup,
		series			parallel			
		Current of actuation, A	Thermal firmness, A		Current of actuation, A	Thermal firmness, A		
			Prolong	During 1 s		Prolong	During 1 s	
PT-40/20	5-20	5-10	19	400	10-20	38	800	0.5

Connection of spools of relay is series. Setup for the actuation relay current is 9.1 A.

Keywords: substation, current defense, electromagnetic devise, PT (Potential transformer).

УДК 681.5:644.1

АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В ОФІСНИХ ПРИМІЩЕННЯХ ЗА КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГОЗАТРАТ

Стасюк І. Д., Крих Г. Б., Матіко Г. Ф.

Національний університет „Львівська політехніка”, Львів, Україна

E-mail: ivan.d.stasiuk@lpnu.ua, gannakrih@gmail.com, halynamatiko@gmail.com

Забезпечення комфортних умов у офісних приміщеннях залежить як від досконалості систем опалення і кондиціонування повітря, так і якості їхньої роботи, яка визначається повнотою та достовірністю інформації, що поступає на вхід систем автоматизованого керування мікрокліматом у таких приміщеннях. Ступінь комфорту в приміщеннях оцінюють за значенням ефективної температури. Відповідно до [1] ефективна температура у зимовий період становить 16,7 °С, а у літній період – 22,8 °С.

Під час опалювального сезону регулювання температури в приміщенні здійснюють зміною витрати або температури теплоносія. При цьому в процесі регулювання необхідно враховувати вплив вологості повітря. В літній період, на значення ефективної температури, крім вологості суттєво впливає і

швидкість повітря на виході з кондиціонера. За даними, наведеними в [1], перевищення ефективної температури в опалювальному приміщенні відносно нормативного значення призводить до значних перевитрат енергії. Так само, збільшення вологості в приміщенні вимагає більших затрат енергії на підтримання ефективної температури. З іншого боку зниження вологості у приміщенні негативно впливає на самопочуття людини. У період холодопостачання зменшення ефективної температури відносно нормативного значення призводить так само до перевитрат енергії.

Таким чином, затрати енергії у процесі підтримання ефективної температури залежать від різноманітних технологічних факторів, від втрат енергії внаслідок конвекції і теплопровідності, від режиму роботи «день-ніч», від кількості людей в приміщенні тощо. Кожна зі складових у різний спосіб впливає на сумарні затрати енергії, які доцільно вибрати за критерій оптимального керування. На основі проведеного аналізу відомих із технічної літератури систем керування мікрокліматом та виконаних досліджень таких систем за допомогою моделювання автори пропонують здійснювати керування мікрокліматом в офісних приміщеннях, яке забезпечуватиме мінімізацію вибраного критерію енергетичних затрат з врахуванням обмежень на значення параметрів, які задовольняють комфортні та санітарно-гігієнічні умови роботи.

Ключові слова: мікроклімат, офісне приміщення, енергозатрати.

Література

[1] F. Shinskey, *Energy Conservation Through Control*. New York: Academic Press, 1978.

УДК 681.125

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЕНТАЛЬПІЇ ТЕПЛОНОСІЯ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Слабик О. М., Матіко Ф. Д., Лесовой Л. В.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: oksana.slabyk@gmail.com, fmatiko@gmail.com

Сучасні системи обліку теплової енергії (ТЕ) дозволяють реалізувати вимірювання в реальному часі кількості ТЕ з урахуванням теплофізичних параметрів теплоносія (води, водяної пари). Тому необхідною умовою розроблення точних систем обліку ТЕ є наявність точної методики визначення властивостей теплоносія та методики оцінювання невизначеності ентальпії теплоносія для систем вимірювання кількості ТЕ.

Для обчислення ентальпії води (водяної пари) можуть бути застосовані рівняння з IAPWS-IF97 [1] або спрощені рівняння з МИ 2412-97 [2]. Проте вказані методики [1 - 2] не містять рівнянь для розрахунку невизначеності ентальпії води (водяної пари), а отже, потребують доопрацювання.

Авторами виконано ці вдосконалення та розроблено, зокрема, рівняння для розрахунку відносної розширеної невизначеності ентальпії води (водяної пари)

із врахуванням методичної невизначеності обчислення ентальпії та невизначеностей результатів вимірювання температури та тиску теплоносія:

$$U'_h = \left[U'^2_{Mh} + (F_{hT} U'_T)^2 + (F_{hp} U'_p)^2 \right]^{0,5} \quad (1)$$

де U'_{MF} – методична невизначеність залежності $h = F(p, T)$; F_{hT}, F_{hp} – відносні коефіцієнти чутливості невизначеності ентальпії до невизначеностей відповідно температури та тиску; U'_T, U'_p – невизначеність результату вимірювання відповідно температури та тиску води (водяної пари).

Розроблено спрощені аналітичні залежності для обчислення відносних коефіцієнтів чутливості F_{hT}, F_{hp} :

$$F_{hT} = 1,347\Theta^3 - 19,875\Theta^2 + 96,8585\Theta - 158,4162, \quad (2)$$

$$F_{hp} = 0,06p \cdot (-0,0265\Theta^3 + 0,3695\Theta^2 - 1,7163\Theta - 2,6647), \Theta = T / 100. \quad (3)$$

Розроблене рівняння (1) та спрощені аналітичні залежності (2), (3) можуть бути застосовані як складові для розроблення методики оцінювання невизначеності вимірюваного значення кількості теплової енергії. Така методика є основою метрологічного забезпечення систем обліку ТЕ.

Ключові слова: кількість теплової енергії, теплоносій, ентальпія, невизначеність, система обліку.

Література

- [1] The International Association for the Properties of Water and Steam, Release on the IAPWS Industrial Formulation for the Thermodynamic Properties of Water and Steam, 1997.
- [2] МИ 2412-97. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Водяные системы теплоснабжения. Уравнения измерений тепловой энергии и количества теплоносителя. М., ВНИИМС, 1997.

УДК 536.531

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК ВІД ПРОВІДНОСТІ ІЗОЛЯЦІЙНОЇ КЕРАМІКИ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ОПОРУ

*Фединець В. О., Юсик Я. П., Васильківський І. С.
Національний університет «Львівська політехніка, Львів, Україна
E-mail: v.fedynets@ukr.net*

Для вимірювання високих температур, а також для відтворення Практичної температурної шкали-90 (ПТШ-90) застосовують низькоомні термоперетворювачі опору (ТО) із такими номінальними значеннями електричного опору при 0°C (R_0): 0,01; 0,1; 1,0 і 10 Ом. Значення R_0 вибирають залежно від діапазону вимірюваних температур, конструктивних параметрів ТО і його довжини. Для ізолювання виводів цих ТО застосовуються керамічні

вироби із оксидів таких елементів: алюмінію, берилію, магнію, ітрію та інших. При вимірюванні температури до 800...900 °С опір ізоляції вказаних матеріалів має високе значення і похибка, що виникає від шунтування ними чутливого елемента ТО, є незначною. Однак при вимірюванні більш високих температур електроізоляційні властивості кераміки погіршуються, що призводить до виникнення складової похибки вимірювання температури, яку досить складно врахувати.

Авторами проводилися теоретичні та експериментальні дослідження складової похибки вимірювання від шунтування електричного кола чутливого елемента ТО, під'єданого до вимірювального приладу за чотирипровідною схемою. Складові похибки визначалися для зібраних ТО з номінальним значенням електричного опору R_0 , рівним 1,0 Ом при рівномірному розподілі температури вздовж виводів на довжині до 20 см. Матеріал чутливих елементів – платиновий дріт діаметром 0,5 мм і температурним коефіцієнтом електричного опору $\alpha = 3,91 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Дослідження проводилися в температурному діапазоні від 900 до 1200 °С. Для детального вивчення виникнення складової похибки від шунтування чутливого елемента при вимірюванні температури в досліджуваному середовищі враховувався розподіл температури по довжині ТО виходячи із теплових характеристик середовища.

Результатами теоретичних досліджень встановлено, що значення досліджуваної складової похибки при температурі 1200 °С для ізоляційної кераміки із оксиду магнію становило мінус 108,5 К, а для ізоляційної кераміки із оксиду алюмінію – мінус 106,3 К. Для підтвердження теоретичних розрахунків проводилося експериментальне визначення даної складової похибки в електричній вакуумній печі при 1200 °С і глибині занурення ТО на 30 см. Встановлено, що збіжність аналітично розрахованих складових похибок з експериментальними значеннями на перевищує в середньому до 10 %.

Ключові слова: термоперетворювач опору, похибка вимірювання.

UDC 681.121

FLOW RATE TRANSDUCERS DESIGNING

Anna Pysarets

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

E-mail: anna.v@ukr.net

A special attention is paid to the primary transducer when designing measuring instruments for the liquids flow rate and amount, since the other measuring circuit components are quite universal.

The designing of any flow rate transducer (FT) supposes: the study of measuring method and its application features, existing transducers design features; a mathematical model building; the algorithm and software construction for created model implementation; the creating of metrological characteristics mathematical

models for FT; the software development for the study of the FT metrological characteristics; field research; the adequacy checking of the mathematical modeling results to experimental data.

The information technologies rapid development and the presence a lot of computational software applications make it possible to evaluate the transducer operation mathematical modeling results and the model conformance degree to the processes occurring in the measuring circuit, even in the necessary equipment absence.

To date, there is no computer software that meets all the requirements for the calculations results. Therefore, there are two ways of simulation modeling that complement each other: the software systems creation describing the work of the studied FT and the use of CFD (Computational Fluid Dynamics) - technologies.

The software systems creation provides an opportunity to research the flow transducer FT metrological characteristics in the measured value changes range, to evaluate the various internal and external factors influence degree on its metrological characteristics, to carry out computational experiments, to optimize the transducer design parameters according to certain criteria [1, 2].

The CFD-technologies use allows to verify the propriety of the theoretical principles underlying the developed software and to specify the Flow Transducer FT features in measurement range specific points under conditions as close as possible to operational.

The report presents the metrological characteristics studies results of fluid flow rate turbine transducers, carried out by these methods.

Keywords: designing, flow rate transducer, software, metrological characteristics.

Література

- [1] А. В. Писарець, Система проектування турбінних перетворювачів витрати, *Вісник НТУУ КПІ. Серія приладобудування*, Вип. 46, с. 126 – 133, 2013.
- [2] А. Pisarets, I. Korobko, Optimization of turbine type flow rate transducer with hydrodynamic balancing of sensitive element, *Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування*, Вип. 54(2), с. 65 – 71, 2017. doi: 10.20535/1970.54(2).2017.119574

УДК 681.121.83

МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ЕКСПРЕС-ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Середюк О. Є., Малісевич Н. М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Івано-Франківськ, Україна

E-mail: mivt@nung.edu.ua, nat-mal-vit-2007@ukr.net

На даний час значної актуальності набуває питання контролю за якісними показниками природного газу, яке повинно реалізовуватися не тільки у місцях його транспортування і обліку, але і безпосередньо у споживачів природного газу.

Тому потребують вдосконалення методичні і апаратурні підходи по здійсненню, насамперед, контролю за теплою згорання природного газу. Це, в свою чергу, неможливе без відповідного метрологічного аналізу, який є науковим інструментом для обґрунтування можливості і доцільності його практичної реалізації.

За участю авторів запропонований новий патенто захищений спосіб [1] для експрес-визначення теплоти згорання природного газу, який базується на вимірюванні температури спалюваного газу.

При реалізації способу забезпечується згорання суміші постійного об'ємного співвідношення досліджуваного газу з повітрям із застосуванням спеціальної конструкції пальника.

Реалізація методу контролю здійснюється в два етапи, перший з яких передбачає калібрування пристрою на декількох еталонних сумішах газу, а наступний етап є вимірювальним, при якому відбувається визначення теплоти згорання природного газу.

На базі розробленого авторами моделі функціонування пристрою в роботі здійснений аналіз складових похибки при його калібруванні та при вимірюванні.

Встановлені і кількісно оцінені такі методичні похибки: похибка числового визначення конструктивного коефіцієнта пальника при калібруванні, похибка визначення температури полум'я спалюваного газу, похибки від зміни робочих параметрів пристрою (витрата, надлишковий тиск, температура, вологість досліджуваного газу, співвідношення газ-повітря спалюваної суміші), похибка від тривалості вимірювального процесу, похибка від зміни атмосферного тиску і вологості повітря навколишнього середовища.

Кількісно оцінена результуюча похибка функціонування пристрою, яка може не перевищувати $\pm 2,5\%$.

Виконаний метрологічний аналіз методу експрес-визначення теплоти згорання природного газу підтверджує можливість практичної реалізації нового методу контролю і відкриває шляхи підвищення його точності вимірювань.

В результаті цей метод може характеризуватися достатньою простотою конструктивного виконання при одночасному забезпеченні необхідної точності вимірювань для деяких конкретних сфер застосування.

Ключові слова: природний газ, теплота згорання, пальник, похибка, калібрування.

Література

- [1] О. Є. Середюк, Т. В. Лютенко, і Н. М. Малісевич, “Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу”, Пат. 112737 С2 Україна, МПК (2006.01) G01N25/20. № а201512215, Жовтень 10, 2016.

УДК 681.121.89.082.4

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА В КОМПЛЕКТІ З ПРИСТРОЄМ ПІДГОТОВКИ ПОТОКУ

Роман В. І., Матіко Ф. Д., Дмитришин А. І.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: roman_vitaliy@ukr.net, fmatiko@gmail.com, anton.dmytryshyn@gmail.com

Серед недоліків ультразвукових витратомірів (УЗВ) основним виділяють високу чутливість до відхилень структури потоку (профіль швидкості). В головному нормативному документі по ультразвуковій витратометрії ISO 17089-1:2010 запропоновано два способи розв'язання цієї проблеми [1]:

- 1) встановлення перед та після УЗВ прямолінійної ділянки трубопроводу;
- 2) застосування спеціальних струминовипрямлячів, які усувають закручення потоку або пристроїв підготовки потоку (ППП), які дають змогу усувати як закручення потоку, так і зменшити деформацію профілю швидкості перед УЗВ.

Перший спосіб застосовується за умови, коли відомі вимоги до довжин прямолінійних ділянок для певної конфігурації вимірювального трубопроводу (ВТ) із різними типами місцевих опорів.

Другий спосіб призводить до значного збільшення втрат тиску. Слід зазначити, що встановлення ППП не повністю знімає питання вибору довжини прямолінійної ділянки ВТ, оскільки для УЗВ із встановленим ППП (комплект) також необхідно витримати мінімальну її довжину [1]. Попри це, документ [1] регламентує УЗВ апріорі в комплекті із ППП. Зважаючи на вище сказане, авторами удосконалено математичну модель двоканального хордового УЗВ в комплекті з ППП типу «Zanker» в такому вигляді:

$$\begin{cases} q_m = k_{cal} \cdot \pi R^2 \cdot \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \cdot \left(\frac{\rho_c p T_c}{p_c T K} \right); \\ UZB_1 \Rightarrow k_{cal} = 0,6 \cdot Re^{-0,26} + 1; \quad UZB_2 \Rightarrow k_{cal} = 9,8 \cdot 10^{-14} \cdot Re^{2,05} + 1, \end{cases}$$

де: q_m – масова витрата; p , T , p_c , T_c , ρ_c – тиск, температура та густина за робочих та стандартних умов; v – швидкість потоку вздовж двох акустичних каналів УЗВ; k_{cal} – калібрувальний коефіцієнт; K – коефіцієнт стисливості; R – радіус ВТ. Оскільки мінімальна відстань l_{min} між УЗВ та ППП в [1] досі чітко не вказана, в роботі досліджено два випадки: $UZB_1 - l_{min} = 10D$; $UZB_2 - l_{min} = 20D$. Калібрувальний коефіцієнт отриманий за результатами CFD-моделювання.

Отримана модель дозволяє дослідити вплив спотворень структури потоку на похибку двоканальних хордових УЗВ в комплекті з ППП типу «Zanker».

Ключові слова: ультразвуковий витратомір, пристрій підготовки потоку, структура потоку, математична модель.

Література

- [1] International Organization for Standardization. (2010). ISO 17089-1: Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement. Geneva, Switzerland: ISO.

УДК 681.121.84

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧНИХ ЛІНІЙ НА ВИМІРЮВАНЕ ЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ГАЗОВОГО ПОТОКУ

Костик І. В., Матіко Ф. Д.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: Ihor.V.Kostyk@gmail.com

Під час вимірювання тиску і перепаду тиску на звужувальному пристрої, конструктивні характеристики (внутрішній діаметр, довжина) пневматичної лінії (ПЛ) (з'єднувальна трубка (ЗТ) між точкою вимірювання і вимірювальним перетворювачем тиску (ВПТ) та камера ВПТ) впливають на результат вимірювання тиску, особливо в умовах пульсуючих потоків, оскільки речовина, що знаходиться в ПЛ, безперервно переміщається в ту або іншу сторону. При цьому тиск в кінці трубки (в камері ВПТ) може виявитися і менше, і більше середнього. Як показали дослідження, ПЛ формує коливну систему, в якій можуть виникати резонансні явища. Виникнення резонансних явищ також може призводити до похибок вимірювання витрати.

Для оцінки впливу конструктивних характеристик ПЛ на точність вимірювання тиску і перепаду тиску в умовах пульсуючих потоків, авторами проведено розроблення математичної моделі ПЛ у вигляді системи диференціальних рівнянь із змінними коефіцієнтами залежними від диференційованих параметрів (тиску в камері ВПТ, витрати газу в ЗТ). Залежність коефіцієнтів від цих параметрів зумовлена зміною режиму руху газу в ПЛ (ламінарний, турбулентний) під час пульсацій тиску газу у вимірювальному трубопроводі та зміною густини газу в ЗТ.

Встановлено, що максимальне відносне відхилення перехідних функцій, отриманих за результатами розв'язування розробленої моделі, від усереднених експериментальних перехідних функцій не перевищує 5 %. Отже, розроблена математична модель є адекватною та може бути застосована для аналізу процесів, які відбуваються в камері вимірювального перетворювача тиску під час вимірювання тиску (перепаду тиску) нестационарного потоку.

Досліджено залежності параметрів динамічної моделі (сталі часу) ПЛ від конструктивних характеристик, а також визначено сталі часу моделі для довжин і діаметрів ЗТ, що визначені в ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009.

Встановлено, що для окремих наборів конструктивних параметрів ПЛ, при вимірюванні тиску і перепаду тиску в умовах нестационарного потоку, можуть виникати резонансні явища, які негативно впливають на точність вимірювання.

Результати роботи можуть бути використані під час проектування систем вимірювання тиску та систем обліку плинних енергоносіїв на основі методу змінного перепаду тиску для вибору параметрів пневматичних ліній, що дасть можливість зменшити значення додаткової похибки вимірювання витрати газу, зумовленої додатковими похибками вимірювання тиску.

Ключові слова: нестационарний потік, пневматична лінія, вимірювальний перетворювач тиску, з'єднувальна трубка, додаткова похибка.

UDC 681.121

RESPONSE TIME RESEARCH OF TURBINE TYPE FLOW RATE TRANSDUCER

Anna Pysarets

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

E-mail: anna.v@ukr.net

The instrument's response time becomes the determining factor in measuring fast-variable flow rates as well as in the case of using measuring instrument in automatic control systems. The measuring instrument response time is usually evaluated by the time constant, which characterizes its inertia.

The dynamic quality of the flow and quantity measuring instruments is generally determined by each component of the measuring circuit, that is, by the dynamic properties of the primary and secondary transducers. To date, the secondary transducers of such measuring instruments are quite generic, so the dynamic characteristics of measurers based on tachometric primary flow transducers are determined exactly by their properties.

In this case, the measuring circuit inertia is determined by the features of the sensitive element (SE) spatial form of turbine type flow rate transducer.

The research aim is to evaluate the influence of the sensitive element spatial form on the measuring instrument response time.

Sensitive elements of four different spatial forms were selected to achieve the goal:

- a traditional turbine, which is a cylindrical hub with helical blades;
- a turbine with a coaxial ring mounted on the SE middle radius, its thickness is equal to the blade profile thickness;
- a SE in the form of a turbine, where the hub front end is made in the shape of a hemisphere with a given wall thickness;
- a turbine with a hemispherical hub and coaxial ring. The ring thickness is equal to the blade profile thickness. The ring is mounted on the sensitive element middle radius.

The turbines of these SE have the same geometric characteristics: the number of blades, the hub radius, the blades outer surface radius, the blades profile thickness, the turbine axial length, the blade setting angle at medium radius.

The report presents the influence study results of the SE spatial form on the time constant of a turbine type flow rate transducer, obtained by mathematical modeling. Mathematical modeling was performed using the developed software application [1].

Keywords: dynamic characteristics, response time, time constant, turbine type flow rate transducer, sensitive element.

References

- [1] А. В. Писарець, Система проектування турбінних перетворювачів витрати, *Вісник НТУУ КПІ. Серія приладобудування*, Вип. 46, с. 126 – 133, 2013.

УДК 681.121

ВУЗЛИ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ:
В ОБСЛУГОВУВАННІ, У ВЛАСНОСТІ ОПЕРАТОРІВ ГРМ

*Власюк Я. М., Лісовець В. П.
НАК «Нафтогаз України», Київ, Україна
E-mail: YVlasyuk@naftogaz.com*

В Україні на сьогодні наявні всі необхідні передумови щодо організації приладового обліку використання природного газу за усталеною логічною передовою практикою, коли комерційні вимірювання виконуються засобами вимірювань, які належать надавачу послуги чи товару, тобто наявності «ваги у продавця». А саме:

- Концепцією створення єдиної системи обліку природного газу, затвердженою постановою КМУ від 21.08.01 №1089, передбачено: «Передача засобів вимірювальної техніки для визначення об'єму та об'ємної витрати газу, що перебувають у власності промислових і комунальних підприємств, бюджетних організацій та підприємств теплової енергетики, у власність підприємств нафтогазової галузі»;

- відповідно до пункту 5.2 Правил обліку природного газу «Для визначення об'єму протранспортованого, поставленого та реалізованого споживачу газу приймаються дані комерційного вузла обліку газу облікової організації. У разі відсутності вузла обліку газу в облікової організації беруться дані комерційного вузла обліку газу споживача»;

- відповідно до пунктів 3 та 4 розділу 2 глави V Кодексу ГРМ оператор ГРМ згідно з договором на приєднання забезпечує встановлення в точці вимірювання вузла обліку газу.

Але оператори ГРМ не створюють свої вузли обліку природного газу (далі – ВОГ), а **всі** свої зусилля витрачають на пошук будь-яких порушень на ВОГ споживачів та накладання на них в багатьох випадках **абсолютно не виправданих нарахувань**.

У пострадянських країнах Європи, як і в Україні, ВОГ були у власності споживачів. З метою реалізації логічної світової практики наявності «ваги у продавця» оператори ГРМ цих країн намагалися взяти у свою власність ВОГ, але стикнулися з проблемою подвійного оподаткування. Тому було прийнято рішення передачі ВОГ у їх обслуговування, а по мірі виходу ВОГ із ладу – до заміни на нові коштом операторів ГРМ.

З метою визначення можливих оптимальних шляхів переходу права власності ВОГ від споживачів до операторів ГРМ доречним є вивчення досвіду фахівців європейських країн з цього питання.

Ключові слова: газ, природний газ, витрата, вузли обліку, обслуговування.

УДК 681.121

ЩОДО ПРИВЕДЕННЯ ОБ'ЄМУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ДО СТАНДАРТНИХ УМОВ ЗА ПОКАЗАМИ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

*Власюк Я. М., Осієвський В. О.
НАК «Нафтогаз України», Київ, Україна
E-mail: YVlasyuk@naftogaz.com*

Діюча редакція «Методики приведення об'єму природного газу до стандартних умов за показами побутових лічильників у разі відсутності приладів для вимірювання температури та тиску газу» (далі – Методика) затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України від 26.02.04 №116, зареєстрована в Мін'юсті 19.03.04 за №346/8945. В цій Методиці врахована середньомісячна температура навколишнього середовища і атмосферний тиск по всіх регіонах України, а також способи монтажу лічильників. **Кожен градус Цельсія – зміна дійсної кількості газу на 0,34%, кожні 89 метрів над рівнем моря – зміна дійсної кількості газу на 1%. В Яремче в 1 куб. газу при однаковій температурі на 6% менше газу, ніж в Одесі чи Херсоні.**

Методика розроблена відповідно до положень СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика», які, в свою чергу, сформовано на базі даних 70-х років минулого століття. Тобто, по суті, на базі даних більш як сорокарічної давнини.

Погодні умови останнім часом відчутно змінилися. Наприклад, за даними СНиП 2.01.01-82 середня температура навколишнього середовища по м. Київ впродовж січня визначено як -5,9 °С, а за даними ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» визначено -4,7 °С. Це аж на 0,4% мають бути менші коефіцієнти! За інформацією Гідрометеоцентру за останні роки потеплішало ще відчутніше (за останні 5 років ця середньомісячна температура становить вже біля -3,6 °С). Тобто менше ще на 0,4%.

Більше половини природного газу, що використовується населенням, вимірюється побутовими лічильниками, змонтованими ззовні опалюваних приміщень (другий додаток до Методики). Частково будуть зменшені і коефіцієнти по інших додатках.

Крім того, в новій редакції Методики необхідно застосувати понижуючі коефіцієнти до більш як півтора мільйона так званих лічильників з «директивним приведенням» до 15 °С та до 0 °С. Це ще зменшення на 1,7% або і 6,8%, відповідно.

Необхідно терміново вносити зміни до зазначеної Методики, тому що при переході до розрахунку за природний газ за його енергією, як засвідчує світова практика та вимагає Кодекс ГРМ (абзац 2 пункту 6 глави 1 розділу XV), необхідно буде використовувати коефіцієнти з Методики (можливо вже в цьому році!). При розробці нової редакції Методики необхідно скористатися послугами Гідрометеоцентру щодо визначення температури навколишнього

середовища, наприклад, за останні 5-10 років (попередня домовленість про надання такої інформації є). При цьому можливе використання екстраполяційних методів.

Чекати нової редакції ДСТУ-НБВ.1.1-27 нема часу. Ціна питання – біля 1 млрд. грн. ЩОРІЧНО.

Ключові слова: газ, природний газ, витрата, лічильники, точність.

УДК 681.121

ФОРМУЛЮВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ КРИТЕРІЇВ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Коробко І. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

E-mail: i.korobko@i.ua

При оптимізації багатьох типів перетворювачів витрати (ПВ) рідин та газів головною задачею є знаходження раціональної форми вимірювальної ділянки, яка забезпечує лінійність градувальної характеристики у діапазоні, що охоплює різні режими плинну вимірюваного середовища. Незалежно від типу ПВ та умов його роботи найбільш важливими є такі критерії оптимізації: значення невизначеності результату вимірювань, ступінь нелінійності градувальної характеристики та вплив на енергетичні і динамічні показники плинного середовища.

Одним із показників впливу є втрата гідродинамічного натиску потоку вимірюваного середовища при проходженні його крізь сам ПВ. Виходячи з цього, при проектуванні ПВ рідини та газу, відповідно до визначених вимог, у вирішальній мірі необхідно розв'язувати багатопараметричну оптимізаційну задачу, як за мінімальної втрати натиску потоку отримати високу точність вимірювання та максимальну чутливість ПВ, тобто створити прилад з ефективною системою перетворення швидкості потоку, як функції витрати, на вихідний сигнал.

Для оцінювання систем вимірювання витрати та визначення кількості рідини та газу пропонуються такі критерії ефективності ПВ: а) ефективність взаємодії потоку вимірюваного середовища із чутливим елементом (ЧЕ) ПВ, що забезпечує високу чутливість системи вимірювання; б) ефективність взаємодії ЧЕ з потоком вимірюваного середовища, що забезпечує високу точність вимірювання; в) узагальнений критерій, який сформульований на базі перших двох критеріїв і окреслює високі чутливість і точність ПВ при мінімізації впливу на середовище.

Критерій ефективності взаємодії потоку вимірюваного середовища із ЧЕ ПВ, що забезпечує високу чутливість системи вимірювання можна представити виразом

$$K_{\text{еф1}} = \frac{A}{\Delta p}, \quad (1)$$

де A - величина корисного вихідного сигналу ПВ; Δp - втрата тиску потоку на ПВ.

Вид вихідного сигналу ПВ залежить від методу вимірювання, на базі якого створено прилад. Наприклад, для турбінних перетворювачів – це кутова швидкість обертання ЧЕ, або кількість його обертів; для гідродинамічних – величина деформації чи відхилення ЧЕ; для вихрових – частота генерації вихорів у вимірювальній камері; для ультразвукових – різниця часу проходження ультразвукового сигналу за і проти потоку, або різниця частот цього сигналу; для електромагнітних – величина електричної індукції і таке інше.

Застосовуючи критерій (1) оцінка ефективності перетворювача здійснюється відповідно за його максимальним значенням.

Критерій ефективності взаємодії ЧЕ з потоком вимірюваного середовища, що забезпечує високу точність вимірювання і мінімальний вплив на гідродинамічні характеристики вимірюваного середовища можна представити залежністю

$$K_{\text{еф2}} = \frac{\Delta p}{1 - \delta}, \quad (2)$$

де δ - похибка вимірювання.

Оцінка ПВ за показником ефективності (2) здійснюється по його мінімальному значенні.

Для комплексної оцінки впливу приладу на вимірюване середовище, при забезпеченні високої чутливості та точності вимірювання, визначимо узагальнений критерій оцінки ефективності перетворювача

$$K_{\text{ефу}} = \frac{K_{\text{еф1}}}{K_{\text{еф2}}}. \quad (3)$$

Враховуючи вирази (1) та (2), рівняння (3) набуде виду

$$K_{\text{ефу}} = \frac{A(1 - \delta)}{\Delta p^2}. \quad (4)$$

Таким чином, задача оптимізації реальної конструкції ВПВР будь-якого класу зводиться до забезпечення найменшої і постійної при використанні приладу, відносної похибки вимірювання за умов найменшого впливу на вимірюване середовище.

Ключові слова: рідина, газ, витрата, оптимізація, критерій.