

Література

1. Коробко І. В. Методи компенсації силової дії на опори чутливих елементів турбінних перетворювачів витрати рідин / І. В. Коробко, А. В. Писарець // Вісник НТУУ КПІ. Серія приладобудування. – 2011. – Вип. 42. – С. 5 – 13.
2. Бошняк Л. Л. Измерения при теплотехнических исследованиях. – Л.: Машиностроение, 1974. – 448 с.
3. Тахометрические расходомеры / Л. Л. Бошняк, Л. Н. Бызов. – Л.: Машиностроение, 1968. – 212 с.
4. Измерение малых расходов жидкостей / Л. Л. Бошняк, Л. Н. Бызов. – М.-Л.: Машгиз, 1961. – 80 с.
5. Теория и расчет турбинных расходомеров / Г. Н. Бобровников, Л. А. Камышев. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 128 с.
6. Пат. на корисну модель № 3416 Україна, МПК (2004) G 01 F 1/10. Турбінний витратомір / І. В. Коробко, А. В. Писарець, П. К. Кузьменко. – u2004021392. – Заявл. 26.02.04. – Опубл. 15.11.2004. – Бюл. № 11. – 3 с.
7. Коробко І.В. Турбинные преобразователи расхода с уравновешенным ротором / І. В. Коробко, А. В. Писарець // Промышленная теплотехника. – 2006. – № 4. – С. 84 – 89.
8. Писарець А. В. Визначення врівноважуючої сили турбінного витратоміра із гідродинамічним врівноваженням ротора / А. В. Писарець, І. В. Коробко // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2004. – № 4. – С. 115 – 120.
9. Писарець А. В. Визначення осьового зусилля в турбінному первинному перетворювачі витрат з гідродинамічним врівноваженням ротора / А. В. Писарець, І. В. Коробко // Вібрації в техніці та технологіях. – 2005. – № 2 (40). – С. 67 – 70.
10. Писарець А. В. Определение осевого перемещения чувствительного элемента турбинных преобразователей расхода с уравновешенным ротором / А. В. Писарець, І. В. Коробко // Системи обробки інформації. – 2011. – № 9 (96). – С. 150 – 154.

*Надійшла до редакції
11 липня 2012 року*

© Писарець А. В., 2012

УДК 681.586.773

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

Горбатюк О. О., Петренко С. Ф.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
м. Київ, Україна*

В даній статті розглянуті ресурсні характеристики п'єзoeлектричного двигуна (ПД) на прикладі моделі серійного ПД РМ-20R [1]. Демонструється робота одночасно трьох двигунів однієї моделі, з однаковими технічними характеристиками. Розроблено методику експерименту та програму керування досліджуваними двигунами з можливістю задання певних параметрів, необхідних для даного дослідження. Приведено типові результати експерименту у вигляді залежностей швидкості двигуна та $M_{сам}$ від кількості напрацьованих обертів ($N_{об}$). З результатів експерименту слідує, що на початку роботи двигуна відбувається незначне збільшення $M_{сам}$ в межах до 100 тисяч обертів, що обумовлено притиранням штовхачів до ротора. Зі збільшенням кількості напрацьованих циклів $M_{сам}$ зменшувалось, що пояснюється стиранням штовхачів, тобто зменшенням їх розмірів. Дані результати дають

можливість спрогнозувати час роботи ПД, побудувати математичну модель залежності коефіцієнту корисної дії двигуна від $M_{сам}$.

Ключові слова: ресурсні характеристики, п'єзоелектричний двигун, момент самогальмування.

Вступ. Постановка проблеми

У наш час ПД знайшов широке використання в різних галузях приладобудування, системах нанопозиціонування, мікро- і наноелектромеханічних системах. Однак використання таких високоточних ПД обмежується їхніми ресурсними характеристиками.

В нашому експерименті було використано модель серійного ПД реверсивного обертання [1,2], що по суті складається з двох незалежних двигунів однонаправленого обертання, акустично розв'язаних між собою. Такий двигун має властивість обертати вал по годинниковій стрілці і навпаки. Це забезпечується специфічністю конструкції, суть якої полягає у встановленні на одному валу двох фрикційно-розв'язаних приводів, кожний з яких працює тільки в одному напрямку. Керування двигуном виконується окремо по двом колам, кожне з яких відповідає розвороту по – і проти годинникової стрілки.

Робота ПД заснована на зворотньому п'єзоелектричному ефекті, а саме на перетворенні електричної енергії в механічну. Запропонована конструкція реверсивних ПД (рис.1) містить два кільцевих п'єзоелектричних осцилятора 1, 2, один з яких встановлений на основі 7, а інший на валу 9 через ультразвукоізолюючі прокладки. Кожен з осциляторів включає кільцевий п'єзоелемент 8 (10), виконаний у вигляді кільцевого резонатора з радіальною формою коливань. На торцеві поверхні п'єзоелементів нанесені електроди, через які двигун підключається до драйверу. Хвильові оболонки 3, 4 встановлені на зовнішні циліндричні поверхні п'єзоелементів. Штовхачі 5 і 6 закріплені на цих хвильових оболонках. При складанні двигуна штовхачі встановлюються під кутом і з певним механічним напруженням до внутрішньої поверхні ротора, цим самим створюючи $M_{сам}$. Ротор може обертатися навколо вала 9. Частота електричних коливань драйвера налаштована на першу моду радіальних механічних коливань п'єзоелемента.

Робота двигуна здійснюється наступним чином: при підключенні драйвера до п'єзоелементу нижнього осцилятора 1, збуджені в ньому радіальні механічні коливання, проходячи через хвильову оболонку, передаються в штовхачі і далі в ротор. У зоні контакту ротора і штовхачів, за рахунок розкладу вектора сил на

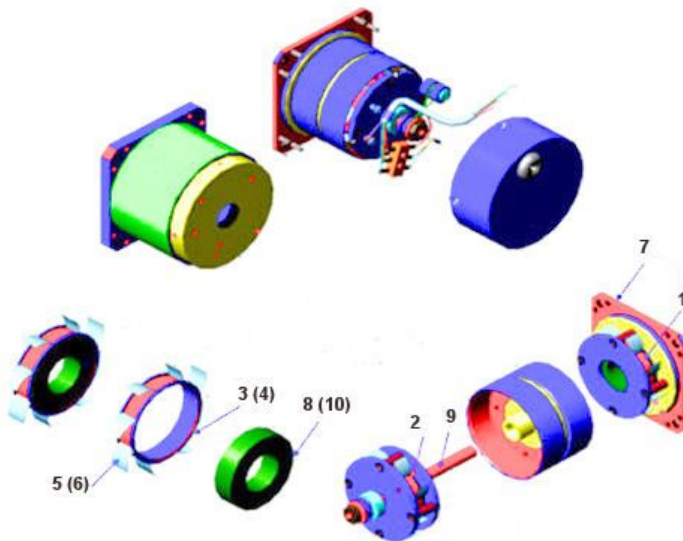


Рис. 1. Конструкція п'єзоелектричного двигуна реверсивного обертання

дві складові - радіальну і тангенціальну, і за рахунок певного фазового співвідношення цих складових, виникає «наноеліпс» руху контактної точки, який і формує обертальний рух ротора, наприклад, по годинниковій стрілці. Вал двигуна, запресований в основу кріплення верхнього осцилятора 2, яка фрикційно з'єднана через штовхачі 5 верхнього осцилятора з рухомим ротором, також буде обертатися по годинниковій стрілці. Таким чином обертання в вал передається через фрикційну муфту «штовхачі верхнього осцилятора – ротор».

Збудження осцилятора 2 через струмознімач, викликає реверсивний рух вала. Це пояснюється тим, що в точках спряження штовхачів 6 верхнього осцилятора 2 з ротором виникнуть сили, відштовхуючі верхній осцилятор від ротора. Оскільки ротор при цьому загальмований нижнім осцилятором, формується момент обертання проти годинникової стрілки. В цьому випадку ротор загальмований через фрикційну муфту «штовхачі нижнього осцилятора – ротор». Отже, по суті, реверсивний двигун складається з двох нереверсивних (односпрямованих) двигунів, пов'язаних між собою через загальний вал.

На рис. 2 приведено типову навантажувальну характеристику для реверсивного двигуна, з якої витікає, що максимальний момент обертання реверсивного двигуна обмежений власним моментом самогальмування непрацюючого двигуна [2]. З графіків видно, що при роботі двигуна максимальний навантажувальний момент при правому русі двигуна залежить від моменту в ліву сторону і навпаки. Саме тому $M_{сам}$ був обраний в якості критеріального параметру нашого дослідження і мета експерименту була направлена на його визначення.

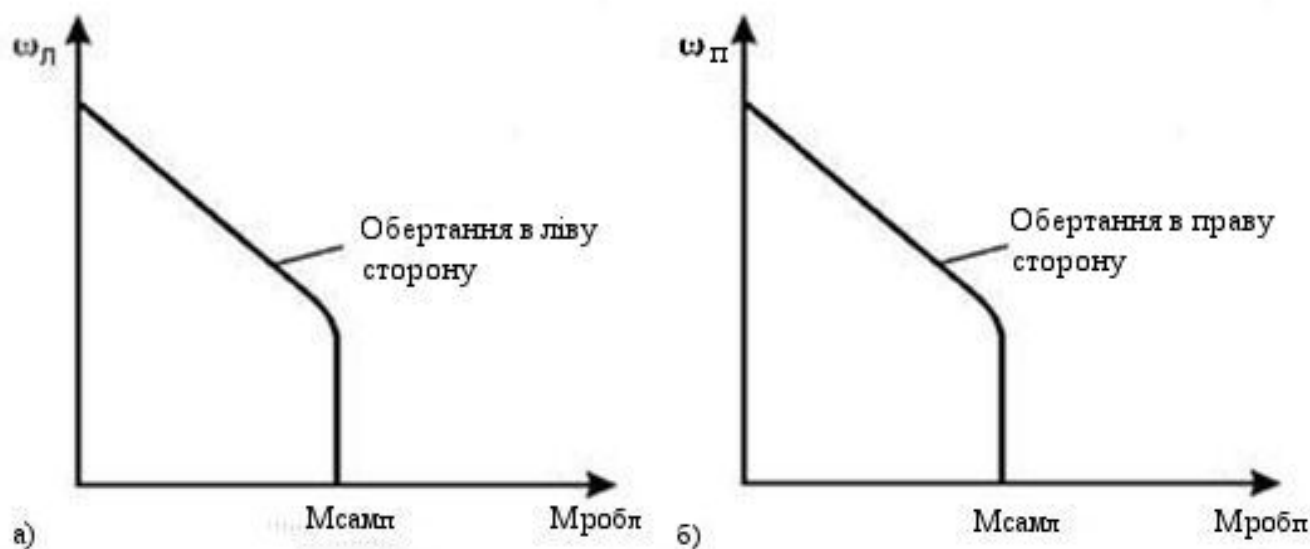


Рис. 2. Типова навантажувальна характеристика реверсивного п'єзодвигуна а) – рух двигуна в ліву сторону, б) – в праву сторону; де: $\omega_{л}$, $\omega_{п}$ – швидкість обертання двигуна при русі «в ліву» та «праву» сторони; $M_{робл}$, $M_{робп}$ – навантажувальний момент при русі двигуна «в ліву» та «праву» сторони; $M_{самл}$, $M_{самп}$ – моменти самогальмування ПД «в ліву» та «праву» сторони

Внаслідок того, що під час роботи ПД штовхачі, притискаються з певним зусиллям до внутрішньої поверхні ротора, виникають сили тертя. Це призводить до того, що з певним часом вони стираються, момент самогальмування стає меншим і, відповідно, зменшується максимальний момент.

Методика експерименту

У процесі проведення експерименту досліджувалися залежності $M_{сам}$ в ліву та праву сторони від $N_{об}$ одразу для трьох двигунів з однаковими технічними характеристиками. Двигуни запускалися одночасно. Комп'ютерна програма була розроблена таким чином, щоб двигуни виконували певний цикл в одну та іншу сторони. В інтервалі між циклами, проводилося вимірювання $M_{сам}$ та швидкості обертання двигуна в обидві сторони його руху.

Для проведення експерименту була розроблена схема (рис.3).

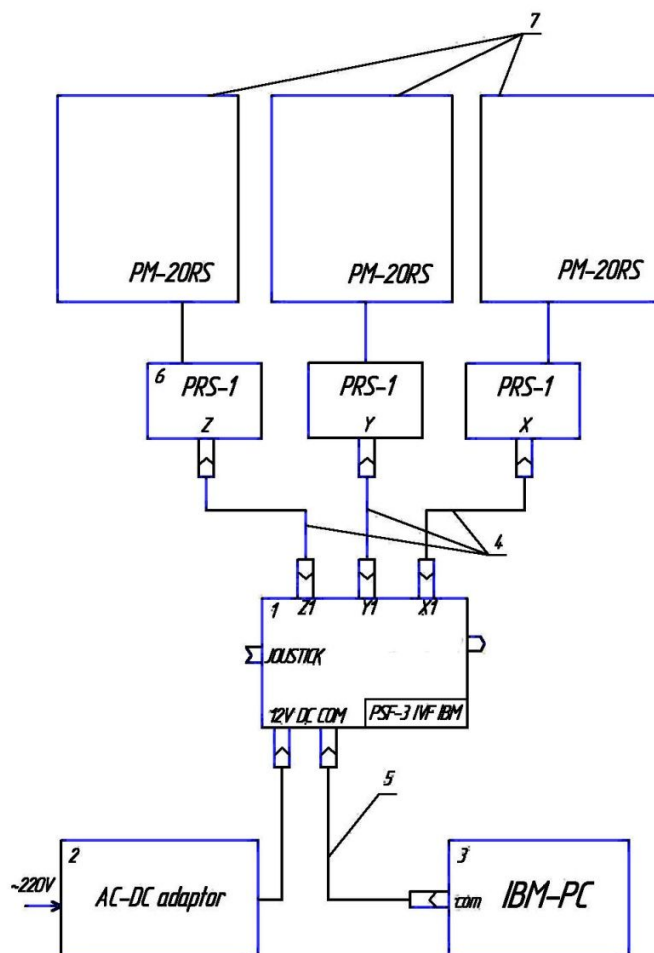


Рис. 3. Схема проведення експерименту по дослідженню ресурсних характеристик трьох ПД, де: 1 – контроллер PSF-3 IVF IBM C600, 2 – джерело постійного живлення, 3 – персональний комп'ютер, 4 – кабель MINIDIN, 5 – кабель SCD-128FF, 6 – перехідний модуль для з'єднання двигуна з контроллером, 7 – досліджуваний двигун

Зв'язок з машиною був здійснений через стандартний контролер PSF-3 IVF IBM C600[1]. До контролеру через «COM» порт було під'єднано комп'ютер за допомогою кабелю MINIDIN. Зв'язок з двигунами здійснювався через порти X, Y, Z контролера. Кількість обертів двигунів контролювалася енкодерами, що були встановлені на конструкціях двигунів, у зв'язку з чим в експерименті була використана модифікація реверсивного ПД PM-20RS.

Алгоритм програми керування ПД

Під час експерименту двигун робив по черзі оберт по годинниковій стрілці, потім оберт – проти годинникової стрілки при швидкості обертання (v_{cp}) 30об/хв. Для задання певного режиму роботи двигуна було розроблено алгоритм програми та сама програма керування двигуном на базі стандартного математичного забезпечення SoftWare PSF-3 IVF (3) [1], що зображено на рис. 4.

Алгоритм передбачав встановлення певної швидкості обертання двигуна, за допомогою операторів Vx і DIV Vx, кількості циклів (Repeat(n)) та параметру циклу одного оберту в праву та ліву сторони за допомогою оператора DST. В програмі було встановлено 5 тисяч обертів в обидві сторони, що задавало 1 цикл. В інтервалі між циклами, проводилося вимірювання $M_{сам}$ та швидкості обертання двигуна в обидві сторони його руху.

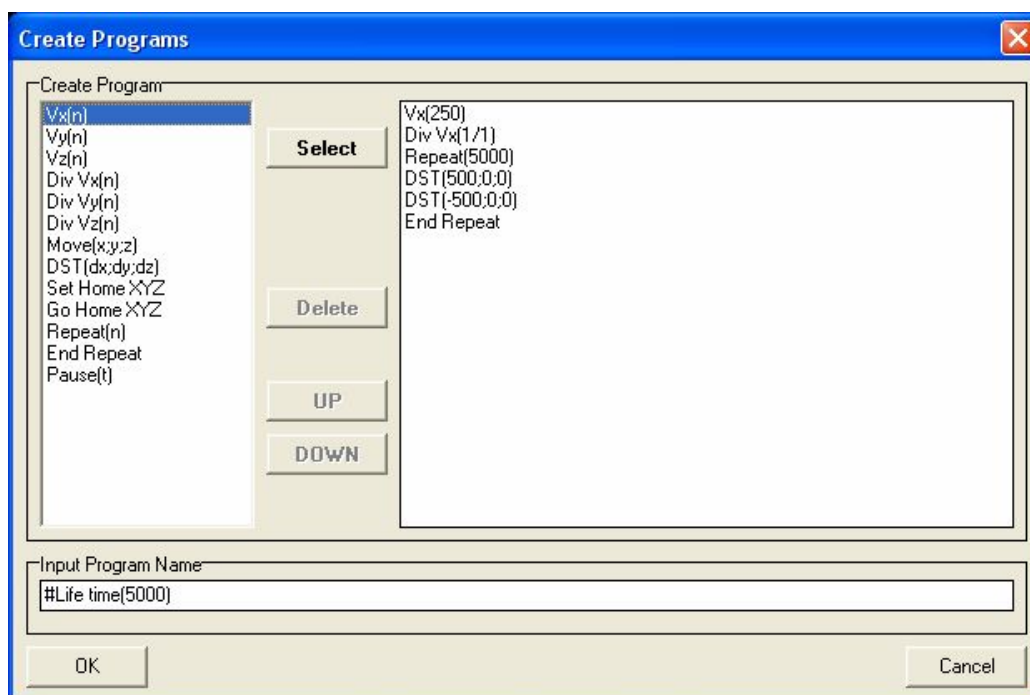


Рис. 4. Програма керування двигуном PM-20RS

Результати експерименту

В процесі дослідження двигунів PM-20RS, було отримано результати відповідно для двигунів X, Y, Z, та побудовано графіки залежності моменту самогальмування та швидкості двигуна від кількості напрацьованих обертів. Типові

характеристики залежностей $M_{сам}$ та швидкості обертання двигуна від кількості напрацьованих обертів в праву та ліву сторони приведено на рисунках 5 і 6.

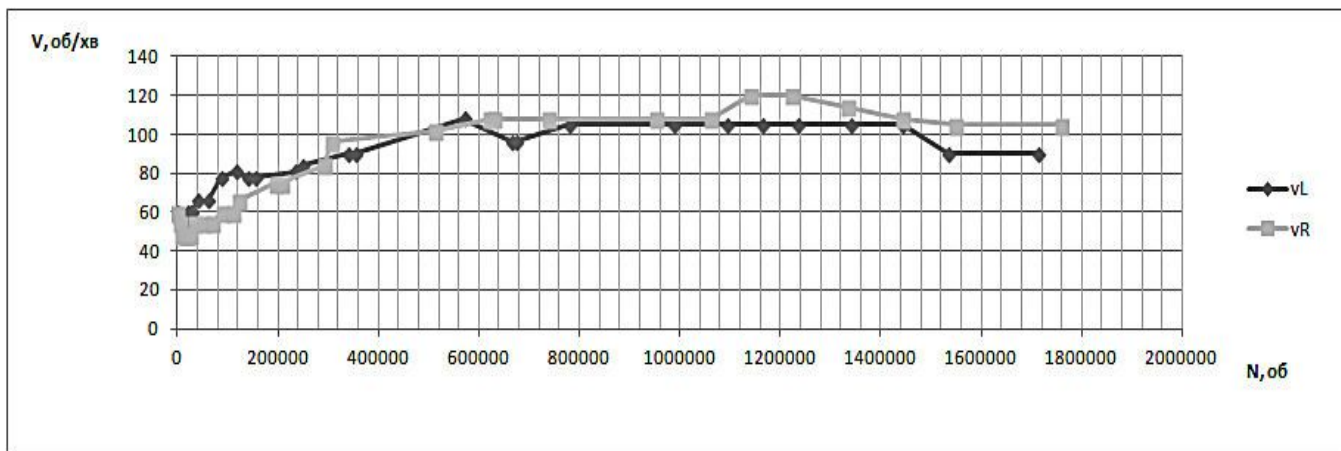


Рис. 5. Графік залежності швидкості двигуна від $N_{об}$ двигуна, де: V_L , V_R – швидкість обертання двигуна «в ліву та праву сторони», N – кількість напрацьованих обертів

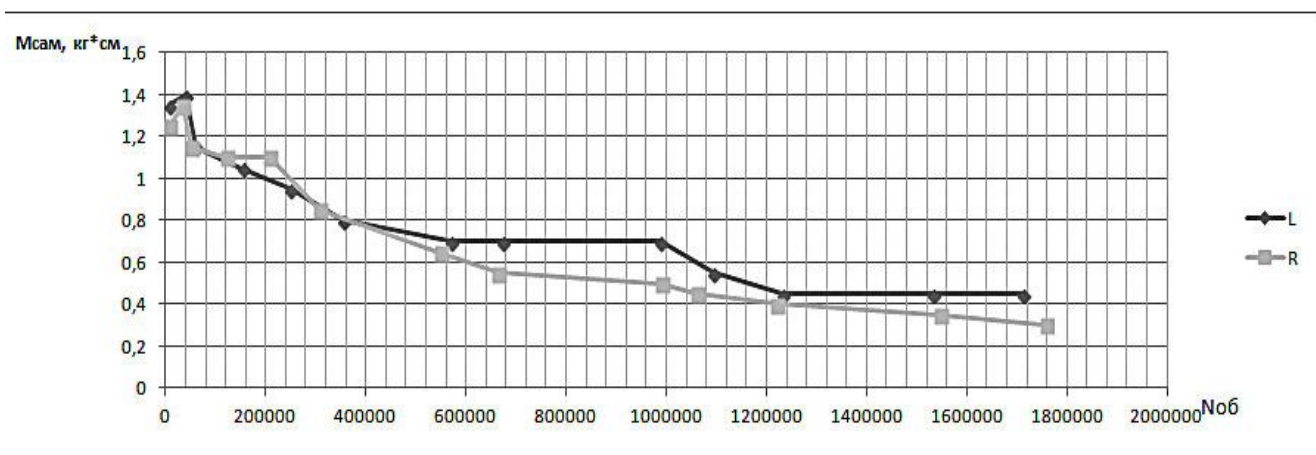


Рис. 6. Графік зміни $M_{сам}$ залежно від $N_{об}$ двигуна, де: $M_{самL}$, $M_{самR}$ – момент самогальмування двигуна «в ліву та праву сторони», N – кількість напрацьованих обертів

З результатів експерименту слідує, що на початку роботи двигуна відбувається незначне збільшення $M_{сам}$ в межах до 100 тисяч обертів, що обумовлено притиранням штовхачів до ротора. Зі збільшенням кількості напрацьованих циклів $M_{сам}$ зменшувалось, що пояснюється стиранням штовхачів, тобто зменшенням їх розмірів.

Одночасно зі зменшенням $M_{сам}$ збільшувалася швидкість обертання двигуна. Це пояснюється зменшенням витрат енергії на подолання власного тертя. Однак основною причиною порушення працездатності двигуна (поява скрипів і заїдань) було обумовлено не зменшенням $M_{сам}$, а порушенням працездатності

підшипників в наслідок їх забиття дрібнодисперсною металевою окалиною, що являється продуктом стирання штовхачів.

Ресурсні дослідження проводилися в середньому до 2 мільйонів напрацьованих обертів. При цьому $M_{сам}$ у двигуна падав до 0,4 кг/см. На початковій стадії експерименту сягав 1,4-1,6кг/см.

Висновок

Результати експерименту дають можливість спрогнозувати час роботи п'єзоелектричного двигуна, побудувати математичну модель залежності ККД двигуна від моменту самогальмування та в результаті вдосконалити його ресурсні характеристики, забезпечивши цим самим надійність і раціональність використання таких двигунів.

Література

1. [Електронний ресурс] <http://www.piezomotor.com.ua/product/20>.
2. Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении / С. Ф. Петренко — К. : Корнийчук, 2002. – 96 с.

*Надійшла до редакції
21 вересня 2012 року*

© Горбатюк О. О., Петренко С. Ф., 2012

УДК 681.121

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ РІДИН І ГАЗІВ

Коробко І. В.

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

Розглядаються питання раціонального вибору вимірювальних перетворювачів витрати рідин та газів з врахуванням конкретних умов їх застосування, шляхом визначення ефективності роботи таких приладів. При виборі та оцінці вимірювальних приладів враховуються параметри вимірюваного середовища, методи вимірювання, зовнішні та внутрішні чинники впливу на вимірюваний процес, вимоги до метрологічних параметрів вимірювання. Ефективність вимірювальних перетворювачів витрати рідин та газів запропоновано оцінювати узагальненим критерієм ефективності, який базується на критеріях ефективності взаємодії потоку вимірюваного середовища із чутливим елементом перетворювача, що забезпечує високі чутливість системи та точність вимірювання за мінімального впливу на гідродинамічні характеристики вказаного середовища.

Ключові слова: *вимірювання витрати, рідина, газу, витратоміри, лічильники.*

Вступ. Постановка проблеми

Значення витратомірів та лічильників кількості (маси і об'єму) рідин, газу і пари у сучасному індустріальному суспільстві дуже велике. Їх роль значно виросла у зв'язку із необхідністю максимальної економії паливно-енергетичних