

Корисна модель належить до галузі енергетичного машинобудування та застосовується для випробування та дослідження гідравлічних та енергетичних характеристик насосів у системах водопостачання та водовідведення з метою експериментальної перевірки їх технічного стану, оцінки впливу класу енергоефективності двигунів на енергетичні показники систем водопостачання та водовідведення.

Відомий стенд (ДСТУ ГОСТ 6134:2009 "Насоси динамічні. Методи випробування". - Введ. 2009-02-13. - Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2009. - 101 с.), що містить систему водяних комунікацій, контрольно-вимірювальні прилади, привідний двигун.

Відомий стенд для випробування насосів (патент України на корисну модель № UA75182U, опубл. 11.12.2017, Бюл. № 22), що містить замкнений головний гідравлічний контур зі встановленими в ньому витратомірним пристроєм, трубопроводною арматурою, випробовуваним насосом, перед яким розміщені послідовно з'єднані між собою основний і кавітаційний баки, і допоміжний контур охолодження робочої рідини.

Відомий стенд для випробування відцентрових насосів (патент України на корисну модель № UA108036U, опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12), що складається з асинхронного електродвигуна, який обладнано частотним регулятором, випробувального насоса, всмоктувального трубопроводу, фільтра, напірного трубопроводу, лічильника води, манометра, пульта керування гідросистемою та резервуара.

Згадані аналоги мають вузькі межі застосування та призначені для заводських випробувань насосних агрегатів і перевірки їх технічних характеристик на відповідність. До недоліків слід віднести також відсутність можливостей оцінки рівня енергоефективності насосів, випробувань у різних режимах навантаження насосів, імітації роботи багатонасосної системи водопостачання, зокрема модульних насосних станцій.

В основу корисної моделі поставлена задача створення універсального стенда для випробування та оцінки рівня енергоефективності насосів із різними електродвигунами, що забезпечить розширення можливостей дослідного обладнання, відтворення реальних умов експлуатації відцентрового насоса або багатонасосних систем з точним визначенням технічних характеристик.

Поставлена задача вирішується тим, що стенд для випробування та оцінки рівня енергоефективності насосів, що містить електродвигун, обладнаний частотним регулятором і гідросистемою, яка складається з резервуара, насоса, всмоктувального та напірного трубопроводів, фільтра, лічильника води, манометра, пульта керування гідросистемою, згідно з корисною моделлю, містить шафу живлення та керування, блок контролю, ідентифікації та розрахунку параметрів, гідросистема додатково оснащена всмоктувальним і напірним колекторами, які оснащені манометрами, засувками, що встановлені в місцях приєднання всмоктувального та напірного трубопроводів до резервуара, всмоктувальний колектор оснащений термометром, при цьому вихід напірного колектора з'єднаний з напірним трубопроводом, а вхід всмоктувального колектора - з всмоктувальним трубопроводом гідросистеми, порожнини всмоктувального і напірного колекторів з'єднані щонайменше двома паралельними гідравлічними гілками, кожна з яких містить датчик тиску, засувку гідравлічної гілки, зворотний клапан, витратомір та насос з можливістю механічного приєднання до нього електродвигуна, який обладнано частотним регулятором і аналізатором мережі, та датчика крутного моменту з тахогенератором.

На кресленні показано принципову схему стенда для випробування та оцінки рівня енергоефективності насосів.

Стенд складається з гідросистеми 1, яка містить резервуар 2, всмоктувальний трубопровід 3, фільтр 4, напірний трубопровід 5, лічильник води 6, пульт 7 керування гідросистемою. Гідросистема 1 додатково містить всмоктувальний 8 і напірний 9 колектори, які оснащені манометрами 10, засувки 11, що встановлені в місцях приєднання всмоктувального та напірного трубопроводів до резервуара 1. Всмоктувальний колектор 8 оснащений термометром 12. Порожнини всмоктувального 8 і напірного 9 колекторів з'єднані трьома паралельними гідравлічними гілками 13, кожна з яких містить датчик тиску 14, засувку 15 гідравлічної гілки, зворотний клапан 16, витратомір 17 та насос 18 з механічно приєднаним до нього електродвигуном 19, який обладнано частотним регулятором 20 і аналізатором мережі 21. До вала електродвигуна 19 приєднаний датчик крутного моменту 22 з тахогенератором. Стенд оснащений шафою 23 живлення та керування та блоком 24 контролю, ідентифікації та розрахунку параметрів.

Робота стенда відбувається наступним чином.

В процесі випробувань забір та нагнітання води в гідросистемі 1 здійснюється з резервуара 2 з використанням всмоктувального 3 та напірного 5 трубопроводів і фільтра 4. За допомогою засувок 11 і пульта керування гідросистемою 7 встановлюється заданий режим випробувань насосів за подачею і моделюються різні режими навантаження гідросистеми 1, а загальні витрати води в гідросистемі 1 реєструються лічильником 6. Для реалізації процесів випробувань і досліджень багатонасосних систем гідросистема оснащена всмоктувальним 8 і напірним 9 колекторами, в порожнинах яких, і, відповідно, в гідросистемі 1 манометрами 10 контролюється тиск. Порожнини всмоктувального 8 і

напірного 9 колекторів можуть бути з'єднані одною або декількома (як приклад, трьома) паралельними гідравлічними гілками 13, у кожній з яких за допомогою засувки гідравлічної гілки 15, зворотного клапана 16, датчика тиску 14 і витратоміра 17 регулюються і вимірюються гідравлічні параметри окремої гідравлічної гілки, в якій працює насос 18.

Подавання електричної енергії, регулювання поточного режиму роботи електродвигуна 19, встановлення певного закону регулювання для частотного регулятора 20, а також управління включенням та вимиканням одного або більше насосів залежно від задач випробувань і досліджень здійснюється за допомогою шафи 23 живлення та керування. За допомогою аналізатора мережі 21 здійснюється вимірювання поточних значень повної, активної і реактивної електричних потужностей, що споживаються електроприводом окремого насоса 18. При цьому реєструється також коефіцієнт потужності і здійснюється аналіз гармонік по струму і напрузі.

Під час роботи стенда обертовий момент від електродвигунів 19 приводу передається на вал насосів 18, що випробовуються. До валів електродвигунів 19 і насосів 18 механічно приєднані датчики крутного моменту 22 з вбудованим тахогенератором, які здійснюють статичне та динамічне вимірювання крутного моменту електродвигуна 19. Аналогові та цифрові інтерфейси (не показані) датчиків крутного моменту 22 з вбудованим тахогенератором, датчиків тиску 14, витратомірів 17, термометра 12 інтегровані з блоком 24 контролю, ідентифікації та розрахунку параметрів випробувального стенда.

Блоком 24 контролю, ідентифікації та розрахунку параметрів випробувального стенда здійснюється побудова напірних $H=f(Q)$ та енергетичних $\eta=f(Q)$, $N=f(Q)$ характеристик динамічних насосів.

Напір насоса розраховується за формулою:

$$H = 0,102 \frac{P_H - P_B}{\rho} + 0,0827 Q^2 \left(\frac{1}{d_H^4} - \frac{1}{d_B^4} \right), \quad (1)$$

де P_H , P_B - покази манометрів на напірному та всмоктуваному колекторах, кгс/м²;

ρ - густина рідини (води), яку визначають відповідно до температури, заміряної термометром;

Q - подача насоса, м³/год.;

d_H , d_B - внутрішні діаметри напірного та всмоктувального колекторів в місцях вимірювання тиску,

м.

Потужність на валу електродвигуна, кВт, з використанням замірів за допомогою датчиків крутного моменту з вбудованим тахогенератором знаходиться за залежністю:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9549}, \quad (2)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент на валу електродвигуна, Н м;

n - частота обертання вала електродвигуна, об/хв.

ККД насоса визначається залежністю:

$$\eta = \frac{\rho g Q H}{N}, \quad (3)$$

де

ρ - густина рідини (води), яку визначають відповідно до температури, заміряної термометром;

$g=9,81$ м/с² - прискорення вільного падіння;

Q - подача насоса, м³/год.;

H - напір насоса, м;

N - потужність на валу електродвигуна.

Для оцінки рівня енергоефективності насосів і прийняття рішення про доцільність заміни існуючих електродвигунів на вискоефективні використовується модель розрахунку добового споживання насоса в прив'язці до добового графіку водопостачання:

$$E_{доб.} = P_{ном.дв} \sum_{i=1}^4 \frac{L_i * T_i}{\eta_i * \cos \varphi_i}, \quad (4)$$

де:

$E_{доб.}$ - добове споживання електроенергії, кВт год.;

$P_{ном.дв}$ - номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$P_{н.а.р.т.}$ - потужність насоса в робочій точці;

$$(L_i = \frac{P_{н.а.р.т.}}{P_{ном.дв.}}), \%$$

L_i - коефіцієнт завантаження двигуна в i -му режимі

η_i - коефіцієнт корисної дії електродвигуна в i -му режимі;

$\cos \varphi_i$ - коефіцієнт потужності електродвигуна в i -му режимі;

T_i - тривалість роботи електродвигуна в i -му режимі за добу, год.

Приклад. В базовому варіанті розрахунки виконані для рівня навантаження насоса 12 % тривалістю 6 годин, 23 % - 9 годин, 50 % - 6 годин, 100 % - 3 години.

Отримані наступні значення добового споживання насоса K50-32-125 з двигуном 2,2 кВт, 3000 об. хв.:

- з двигуном класу енергоефективності IE1 - 51,4 кВт*год;
- з двигуном класу енергоефективності IE4 - 44,86 кВт*год;
- з двигуном класу енергоефективності IE5 - 37,71 кВт*год.

Результати розрахунку свідчать про зниження добового споживання при заміні IE1 двигуна на IE4 на 12,7 %, що в річному розрахунку може сягати 2387,1 кВт*год./рік. При використанні двигуна IE5 економія складе 26,6 % і в річному вираженні 4996,85 кВт*год./рік. Отже, використання високоефективних двигунів для насосів є доцільним і економічно обґрунтованим в розрізі стрімкого зростання вартості енергоносіїв. Це також дозволить знизити витрати на електроенергію від 13 до 27 % в системах водопостачання та позитивно вплинути на фінансовий стан підприємства і конкурентну спроможність.

Стенд забезпечує можливість одночасного тестування трьох електродвигунів різних класів енергоефективності, що дозволяє отримувати порівняльні дані для визначення їх добового та річного енергоспоживання.

Корисна модель забезпечує розширення можливостей дослідного обладнання, відтворення реальних умов експлуатації насоса або багатонасосних систем з точним визначенням технічних характеристик, що створює умови для дослідження ефективності роботи електродвигунів у складі багатонасосних систем і оптимізації продуктивності системи та зниження енерговитрат.

