

Михайло ФЕДІРКО

к.е.н., доцент,

доцент кафедри бізнес-аналітики та інноваційної інжинірингу,

Руслана ОЛІШИНСЬКА

студентка,

Західноукраїнський національний університет

ІНСТИТУЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКОДИЗАЙНУ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІЗ ЗМІННИМ ГІДРАВЛІЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Насосні агрегати є важливим технологічним елементом в сучасних системах централізованого теплопостачання. До їх складу входять, як правило, відцентрові водяні насоси а також регульовані чи нерегульовані електроприводи, переважно на базі трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкнутим ротором.

Енергоефективність насосного агрегату значною мірою залежить від режиму роботи гідравлічної системи, а саме, від зміни гідравлічного навантаження. При постійному гідравлічному навантаженні насосні агрегати не потребують особливого регулювання проте, при зміні параметрів гідравлічної системи, а саме, при зміні гідравлічного опору чи подачі теплоносія, при кількісному методі регулювання параметрів системи, показники енергетичної ефективності насосного агрегату значно коливаються

Підвищення енергетичної ефективності насосного агрегату можливе за рахунок зміни в гідравлічній мережі, на яку працює агрегат, наприклад, використання дросельного регулювання, застосування складних систем управління, включаючи частотно-регульований привід, оптимізації та розподілу навантажень (у разі паралельно працюючих агрегатів), а також, за рахунок належного вибору елементів агрегату, зокрема, застосування електродвигунів та водяних насосів більш високого класу енергоефективності [1]. Останній згаданий спосіб вивчається в даній роботі як найбільш актуальний для насосів при дросельному регулюванні.

На практиці, більшу частину часу відцентрові насосні агрегати експлуатуються при низьких або середніх навантаженнях, що відбувається через зміну технологічних параметрів системи централізованого опалення, при цьому вони проектується таким чином, щоб задовольняти максимальні навантаження [2]. У [3] оцінено, що 75 % відцентрових насосних установок мають підвищену запроектовану потужність, чимало їх більш, ніж на 20 %. У [4] оцінено, що лише 20% електродвигунів у насосних агрегатах працюють за номінальної потужності.

У дослідженні проводиться порівняння енергоспоживання насосного агрегату з електродвигунами різних типів та класів ІЕ з частотно-регульованим електроприводом, оскільки при частотному регулюванні досягається значна економія енергії, особливо в умовах малих навантажень. Тим не менш, зважаючи на збереження в багатьох галузях, масового застосування нерегульованого електроприводу, у роботі проводиться порівняння характеристик електродвигунів, які працюють безпосередньо від мережі. Аналіз літературних джерел показує, що ці проблеми розглядаються переважно для систем водопостачання, а питанням підвищення енергоефективності насосних агрегатів та їх електроприводів у системах централізованого теплопостачання не приділяється належної уваги.

Зважаючи на те, що клас енергоефективності ІЕ електродвигуна присвоюється за ККД у номінальному режимі відповідно до стандарту IEC 6003430-1, але у HVAC-додатках (англ. Heating, Ventilation, & Air Conditioning – Опалення, вентиляція та кондиціонування) електродвигун такому режимі працює лише невелику частку часу, основною метою цього дослідження є визначення критеріїв вибору електродвигунів за умовою мінімального енергоспоживання з урахуванням реальних умов роботи відцентрових насосних агрегатів та їх електроприводів.

Що стосується екодизайну електродвигунів то вимоги до нього встановлено Технічним регламентом затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту вимог до екодизайну для електродвигунів», який є гармонізований з європейськими стандартами відповідно до Регламенту Комісії (ЄС) № 640/2009 від 22 липня 2009 р. про виконання Директиви 2005/32/ЄС Європейського Парламенту та Ради щодо вимог з екодизайну для електродвигунів.

Вимоги до енергоефективності водяних насосів як складової їх екодизайну, і які є другим важливим елементом насосного агрегату визначено Регламентом Комісії (ЄС) №547/2012 від 25 червня 2012 року про імплементацію Директиви Європейського Парламенту і Ради 2009/125/ЄС стосовно вимог до екодизайну для водяних насосів.

Предметом та сферою застосування у цьому Регламенті є вимоги до екодизайну для введення в обіг динамічних водяних насосів для перекачування чистої води, у тому числі насосів, умонтованих в інші продукти, наприклад насосні агрегати, у склад яких входять електродвигуни.

Регламент встановлює орієнтовні еталонні параметри для водяних насосів з найкращими характеристиками, які є надані на ринку на час набуття чинності цим Регламентом. Регламентом встановлюються основні технологічні параметри, що стосуються водяних насосів та насосних агрегатів на їх основі. Найважливішим із них є:

«Питома частота обертання (n_s - розмірне значення, що характеризує форму робочого колеса водяного насоса за напором, подачею та частотою обертання (n):

$$n_s = n \cdot \frac{\sqrt{Q_{BER}}}{(\% H_{BER})^{\frac{3}{4}}} \quad [\text{min}^{-1}]$$

де:

- «Напір» (H) - збільшення гідравлічної енергії води в метрах (m), виробленої водяним насосом у встановленій точці експлуатації;

- «Частота обертання (n) - число обертів вала за хвилину (об/хв);

- «Подача» (Q) - показник об'єму подачі (m^3/c) води через водяний насос;

- «Ступінь» (i) - число послідовно з'єднаних робочих коліс у водяному насосі;

- «Точка оптимальної ефективності (BER) - точка режиму роботи водяного насоса, в якій він досягає максимальної ефективності гідравлічного насоса, що вимірюється з використанням чистої холодної води;

«Ефективність гідравлічного насоса» (η) - співвідношення між механічною енергією, переданою рідині під час її проходження через водяний насос, та механічною енергією на вході, переданою на вал насоса;

«Чиста холодна вода» - чиста вода, яку належить використовувати для випробування насоса і яка має максимальну кінетичну в'язкість $1,5 \times 10^{-6} m^2/c$, максимальну густину $1050 \text{ kg}/m^3$ та максимальну температуру $40 \text{ }^\circ\text{C}$;

«Часткове навантаження (PL) - режим роботи водяного насоса за 75 % подачі в точці BER;

«Перевантаження (OL) - режим роботи водяного насоса за 110 % подачі в точці BER;

«Індекс мінімальної ефективності (MEI) - безрозмірна одиниця шкали для визначення ефективності гідравлічного насоса в точках BER, PL та OL;

«С» - константа для кожного конкретного типу водяного насоса, що кількісно відображає відмінності в ефективності різних типів насосів.

Важливим висновком цього дослідження є те що енергоефективність насосних агрегатів та їх електроприводів повинна оцінюватись комплексно, за їх складовими елементами, тобто енергоефективністю електродвигунів та водяних насосів з урахуванням реальних режимів гідравлічних навантажень, відповідно до вимог екодизайну, визначених Технічними регламентами, що чинні в Україні, і які гармонізовані з європейськими стандартами.

Список використаних джерел

1. Arun Shankar V.K., Umashankar S., Paramasivam S., Hanigovszki N. A comprehensive review on energy efficiency enhancement initiatives in centrifugal pumping system. *Applied Energy*, 2016, vol. 181, pp. 495-513.

2. Gevorkov L. *Simulation and Experimental Study on Energy Management of Circulating Centrifugal Pumping Plants with Variable Speed Drives*. PhD Thesis, Tallinn University of Technology, 2017.

3. Shuvalova J. *Optimal Approximation of Input-Output Characteristics of Power Units and Plants*. PhD Thesis, Tallinn University of Technology, 2004.

4. Glover A., Lukaszczyk M. Oversizing pump motors – the problems. *World Pumps*, 2005, vol. 2005, no. 466, pp. 36-38.