

## ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВИМОГИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ МЕРЕЖІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

**Вступ.** Питання типу, структури та енергоефективності електроприводу насосних агрегатів, в основному розглядаються в працях зарубіжних вчених, і вони стосуються здебільшого роботи насосних агрегатів в системах водопостачання. На практиці, більшу частину часу відцентрові насосні установки експлуатуються при низьких або середніх навантаженнях, що відбувається через зміну термодинамічних параметрів: температури, тиску та об'єму теплоносія, при цьому насоси проектується таким чином, щоб задовольняти максимальні навантаження[1]. Аналіз відчизняних та зарубіжних публікацій показує, що питанням роботи електроприводу насосних агрегатів систем централізованого теплопостачання не приділяється належної уваги, не тільки в працях вітчизняних, але і зарубіжних науковців.

У цьому дослідженні розглядається обґрунтування підходів до вибору типу та синтезу структури електроприводу насосних агрегатів мережі централізованого теплопостачання. У зв'язку з цим висувається робоча гіпотеза, що термодинамічні параметри є визначальним чинником вимог до побудови енергоефективних систем електроприводу насосних агрегатів мережі централізованого теплопостачання.

**Метою роботи є:** обґрунтувати вплив термодинамічних та гідравлічних параметрів та визначити підходи до вибору типу та синтезу структури електроприводу насосних агрегатів для підвищення його енергоефективності та якості надання послуг з теплопостачання.

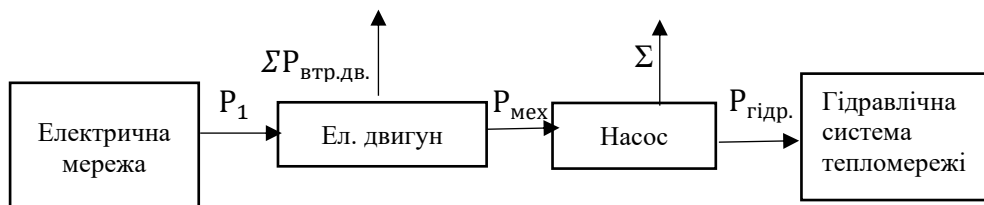


Рисунок 1 Структура типового насосного агрегату мережі централізованого теплопостачання

Гідравлічна потужність визначається витратою  $Q$  та напором насоса  $H_{\text{нас}}$ . Напір насоса залежить від витрати відповідно до характеристики  $Q$ – $H$  насоса при заданій частоті обертання насоса  $n$ . Отже, необхідна електрична потужність електроприводу  $P_1$  залежить від витрати теплоносія  $Q$  та напору насоса  $H$  [2]:

$$P_1 = \rho g Q H_{\text{нас}} + \Sigma P_{\text{втр.нас}} + \Sigma P_{\text{втр.дв}} \quad (1)$$

де  $\rho$  – щільність теплоносія,  $g$  – прискорення вільного падіння.

Отже для визначення споживання електроенергії електроприводом насосного агрегату необхідно розрахувати такі параметри, як напір та подачу теплоносія. За умови, що частота обертання насоса не регулюється, його продуктивність та напір змінюються дроселюванням, наслідком чого є значні втрати електроенергії в електроприводі. Зміна частоти обертання робочого колеса насоса призводить до зміни всіх його характеристик і, в першу чергу його продуктивності та напору. Перерахунок характеристик насоса на іншу частоту обертання здійснюється за допомогою формул приведення.

Як об'єкт дослідження в даній роботі обрано реальну найбільш типову мережу централізованої системи теплопостачання підприємства комунальної теплоенергетики, де має місце кількісно-якісний

метод регулювання температурного режиму. При цьому подача теплоносія регулюється за допомогою засувки, тобто має місце дросельне регулювання продуктивності насосного агрегату. Обстеження реальної теплової мережі показали, що фактичні витрати та подача теплоносія складає 1063 м<sup>3</sup>/год., максимальна подача (витрата) теплоносія 1200 м<sup>3</sup>/год., перепад тиску на насосі 12/4.8 атмосфер.

В мережі встановлено насосний агрегат, де в якості насоса використовується насос ЦН-400-105. При цьому для забезпечення режиму роботи має місце паралельна робота трьох насосних агрегатів.

Робота насосного агрегату розглядається в режимах, де витрата теплоносія протягом циклу роботи насосного агрегату змінюється відповідно до зміни термодинамічних параметрів та відповідного їм гідравлічного режиму, характерного для HVAC додатків. Типовий цикл роботи насоса, визначений регламентом Євросоюзу[3] і поділений на 4 режими. Особливістю циклу є те, що більшу частину часу насос працює з витратою набагато меншою за номінальну. Наприклад, з витратою 25 % від номінального значення насос працює відносний час  $t_i/t_{\Sigma} = 44\%$ , де  $t_{\Sigma}$  – сумарний час роботи, прийнятий рівним 24 годинам,  $t_i$  – час роботи насоса в даному режимі. Цей профіль навантаження є типовим для насосних систем із потребою у зміні витрати в широких межах. Дослідження проведені в теплових мережах підприємств комунальної теплоенергетики в середньостатистичному вимірі підтверджують такий профіль навантаження мережевих насосних агрегатів.

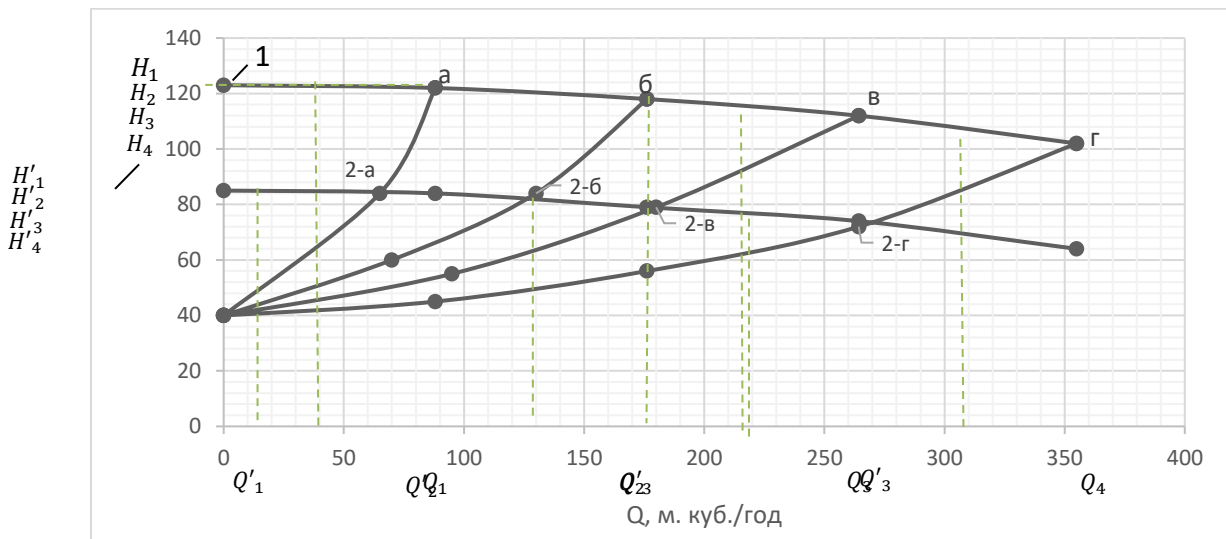


Рис 1. Напірні характеристики насоса: (1) – при частоті обертання  $n_1$ ; (1-а) - при частоті обертання  $n_2$ ;  $n_2 < n_1$ ; Гідравлічні характеристики мережі системи централізованого теплопостачання при різних теплових навантаженнях: 2-а; 2-б; 2-в; 2-с.

З рис.1 видно, що при змінній частоті обертання насоса, його напірна характеристика переміщається по гідравлічних характеристиках трубопроводу мережі централізованого теплопостачання, що призводить до зменшення його продуктивності та напору, а отже до зменшення споживаної електроприводом електричної потужності. Таким чином регульований тип електроприводу, в контексті енергоефективності, має переваги перед не регульованим.

Синтез структури регульованого електроприводу здійснюється за декількома критеріями, а саме: технологічними вимогами, у цьому дослідженні, вимогою до паралельної роботи трьох насосних агрегатів; за терміном окупності; вимогою до надійності в експлуатації, тощо.

**Висновки:** Дослідження проведені в реальній типовій мережі централізованого теплопостачання, підтверджують гіпотезу про те, що термодинамічні параметри, а саме температурний графік, параметри зовнішнього середовища, технологічні особливості функціонування мережі, мають визначальний вплив на гідравлічний режим роботи насосного агрегату, а отже на обсяг споживаної його електроприводом електроенергії, тобто на загальну енергоефективність системи централізованого теплопостачання та якість надання послуг. Відповідно до цього формуються вимоги

до типу регульованого електроприводу та синтезу його автоматизованої системи управління. Подальші дослідження мають бути спрямованні на визначенні впливу окремих складових систем електроприводу на його відповідність технологічним вимогам та вимогам щодо енергоефективності.

**Список використаних джерел:**

1. Gevorgov L. Simulation and Experimental Study on Energy Management of Circulating Centrifugal Pumping Plants with Variable Speed Drives. PhD Thesys, Tallinn University of Technology, 2017.
2. Лезнов Б. С. Л 41 Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. — М.: Машиностроение, 2013. — 176 с., ил..
3. *Commission Regulation (EC) No 641/2009* of July 22, 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for glandless standalone circulators and glandless circulators integrated in products, amended by Commission Regulation (EU) No 622/2012 of July 11, 2012 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009R0641>

**References:**

1. Gevorgov L. Simulation and Experimental Study on Energy Management of Circulating Centrifugal Pumping Plants with Variable Speed Drives. PhD Thesys, Tallinn University of Technology, 2017.
2. Leznov B. S. L 41 Frequency-regulated electric drive of pumping units. — М.: Mashinostroenie, 2013. — 176 p., illustrations.
3. *Commission Regulation (EC) No 641/2009* of July 22, 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for glandless standalone circulators and glandless circulators integrated in products, amended by Commission Regulation (EU) No 622/2012 of July 11, 2012 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009R0641>