

О. В. ПІСЕМСЬКИЙ, курсант

О. Ф. СОКОЛОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доц.

О. І. РИБАЧУК, кандидат технічних наук, доц.

Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова Національного авіаційного університету.

УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Наведений аналіз та оцінка існуючого обладнання систем водопостачання та шляхів підвищення ефективності його застосування. Розроблений алгоритм управління для паралельно працюючих насосних агрегатів. Оцінена ефективність технічних рішень, що пропонуються.

Ключові слова: управління, водопостачання, насос, електропривод.

Приведен анализ и оценка существующего оборудования систем водоснабжения и путей повышения эффективности его использования. Разработан алгоритм управления для параллельно работающих насосных агрегатов. Оценена эффективность предлагаемых технических решений.

Ключевые слова: управление, водоснабжение, насос, электропривод.

The analysis and evaluation of existing facilities of water supply systems equipment and ways to improve the efficiency of its use are given. An algorithm for the management of parallel pumps is developed. The effectiveness of the proposed technical solutions is evaluated.

Key words: management, water supply, pump, electromechanic.

Вступ. При проектуванні великих будинків та житлових комплексів все більшого значення набуває їх автоматизація, оскільки, завдяки комп'ютерним технологіям, можна автоматизувати багато процесів експлуатації й обслуговування. Не останню роль відіграє при цьому й економічний аспект. Порівняно з витратами на будівництво поточні експлуатаційні витрати в довгостроковій перспективі значно вищі. Продумане комплексування технічних засобів може дати економію експлуатаційних витрат у середньому до 10...30%. Застарілі нерегульовані насоси стають справжнім «пожирачами» енергії. Водночас сучасні насоси з можливістю регулювання при умові оптимального управління, навпаки, створюють кращі технологічні умови для автоматизації будинків. Крім того, сучасна автоматика будинків істотно спрощує обслуговування систем. Завдяки автоматизації здійснення

регулярного техобслуговування за графіком стає зайвим. Це у свою чергу значно знижує експлуатаційні витрати.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У більшості випадків водопостачання об'єктів здійснюється одиничними відцентровими насосними агрегатами із регулюванням витрат води шляхом зміни положення дросельного затвору з ручним чи електромеханічним (гідравлічним, пневматичним) виконавчим органом. Для підвищення надійності водопостачання в системі передбачається резервний агрегат, який вмикається у випадку виникнення неполадок в роботі основного насоса або при виведенні його в плановий ремонт [1]. Суттєвим недоліком такої організації технологічного процесу є те, що тривала експлуатація одного агрегату призводить до зношування його електричної та механічної частин, збільшує ймовірність виникнення аварійних режимів. Окрім того, тривале перебування в стані очікування резервного агрегату створює небезпеку зволоження ізоляції обмоток електродвигуна, що може привести до пошкодження статора при підключенні до електромережі. З іншого боку, забезпечення можливості рівномірного напрацювання моторесурсу всіма агрегатами системи повинно позитивно сказатися на показниках надійності [2,3].

Регулювання подачі води дроселюванням збільшує споживану потужність насосної установки через створення надлишкового напору на затворі. Підвищений напір призводить до зростання витрат на перекачування чистої води, яка марно зливається через отвори в трубах і з'єднаннях в ґрунт або в приміщеннях будинків [2].

У теперішній час найефективнішим способом управління насосною установкою вважається регулювання витрат води зміною частоти обертання робочого колеса. Найбільш поширеним алгоритмом управління в сучасних системах водопостачання за рахунок регулювання обертів робочого колеса насоса є підтримання сталої величини напору в напірному трубопроводі [4]. Регулювання частоти обертання робочого колеса дозволяє зменшити споживану потужність насосної установки за рахунок:

- усунення режиму роботи із надлишковим напором;
- підвищення ККД насосної установки.

Для регулювання обертів насосних агрегатів великого поширення на даний час набули керовані електроприводи по системі «перетворювач частоти–асинхронний двигун». Вони дозволяють керувати насосами з найбільшою ефективністю, тим самим досягається суттєве скорочення витрат енергії [5].

Таким чином, метою дослідження є зниження поточних витрат при експлуатації насосної установки системи водопостачання житлового комплексу за рахунок впровадження сучасних енергозберігаючих технологій.

Основна частина

Для водопостачання житлового комплексу доцільно передбачити технологічну схему, яка включатиме не менше трьох паралельно з'єднаних насосів. Це вирішить питання резервування обладнання та забезпечить вимоги по надійності водопостачання.

З точки зору економічності регулювання більш вигідним є одночасна зміна частоти обертання всіх працюючих агрегатів. Однак це пов'язано із збільшенням капітальних витрат при оснащенні всіх агрегатів регульованим електроприводом. Тому для більшості насосних станцій достатньо мати тільки один регульований агрегат і здійснювати більш глибоке регулювання вимиканням окремих насосів.

Принципова електрична схема силового кола приводів насосів, яка пропонується, зображена на рис. 1.

Живлення здійснюється із зовнішньої сторони підведенням до клем А, В, С клемника ХТ1 трьох фаз напруги 380 В частотою 50 Гц, нульового проводу до клемі N і захисного проводу до клемі РЕ. Клеми А, В і С підключаються до силового автоматичного вимикача QF1.

Індикація наявності напруги здійснюється за допомогою лампи ХL1, підключеної до однієї з фаз напруги живлення за силовим автоматичним вимикачем QF1. Вона сигналізує обслуговуючому персоналу про те, що внутрішні кола знаходяться під напругою.

Перетворювач частоти UZ підключений до електричної мережі через автоматичний вимикач QF3. Вхідний реактор L1 захищає перетворювач від комутаційних надструмів. Вихідний реактор L2 обмежує ємнісні вихідні струми перетворювача і піки напруги на двигуні, обумовлені розподіленою потужністю кабелю.

Перетворювач частоти може підключатися до одного з трьох електродвигунів за допомогою вихідних клем (X1Y1Z1, X2Y2Z2, X3Y3Z3) клемника ХТ2 і контакторів КМ4...КМ6 відповідно.

Можливе підключення електродвигунів безпосередньо до мережі через автоматичні вимикачі QF2, QF4, QF5 і за допомогою контакторів КМ1...КМ3.

У якості програмованого контролера для системи управління насосною установкою пропонується застосувати контролер Omron CQM1 із наступним модулями: джерело живлення CQM1-PA206, процесорний модуль CQM1-CPU41-E (в процесорний модуль поступають сигнали про режими роботи агрегатів); модуль аналогового вводу CQM1-AD041 (на входи поступають сигнали від датчиків тиску); модуль аналогового виводу CQM1-DA041 (модуль формує сигнал на вхід завдання частоти перетворювача частоти); модуль живлення аналогових пристроїв CQM1-IPS02; два модулі дискретного виводу CQM1-ID211; два модулі дискретного виводу CQM1-OS222.

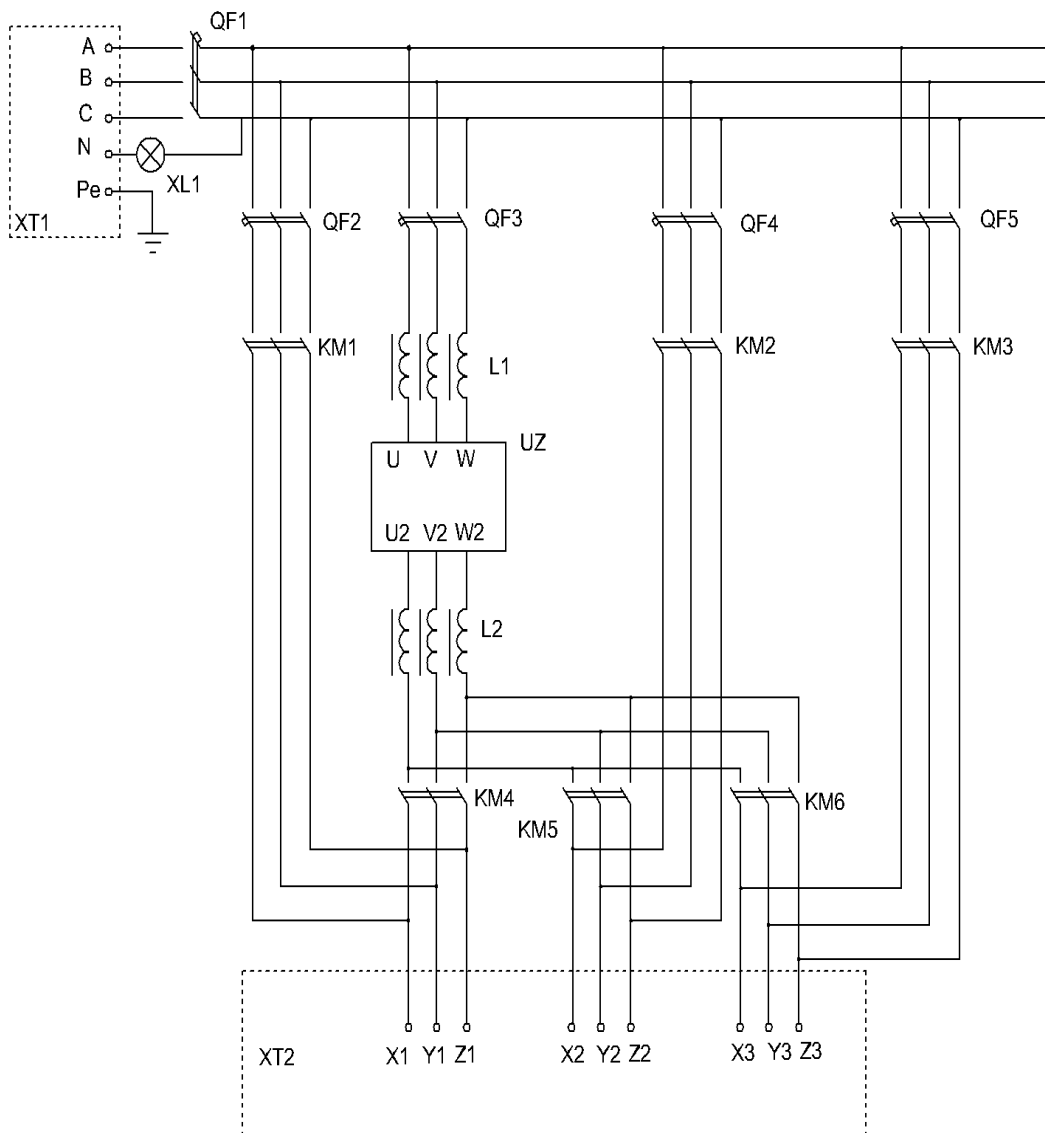


Рис.1. Електрична схема силового кола приводів насосів

Пропонується алгоритм автоматичного режиму управління насосною установкою, який управляє приводом насосів з метою збереження заданого напірного рівня та забезпечує рівномірне вироблення насосними агрегатами моторесурсу, що повинно значно підвищити надійність системи водопостачання. Схема алгоритму приведена на рис.2 і в табл.1.

Вибір режиму роботи (ручного або автоматичного) здійснюється оператором насосної станції з поста оператора. Для пуску або зупинки системи в автоматичному режимі або виведення системи управління з аварійного режиму використовуються кнопки «Пуск» або «Стоп». Постійно в роботі можуть знаходитися один або два насоси, третій насос є резервним (профілактичний огляд, плановий ремонт). Резервний насос вибирають положенням перемикача на посту оператора. Після вибору резервного насоса в автоматичному режимі закривається засувка, яка знаходиться в напірній частині водопроводу цього насоса, дві інші засувки відкриті. В

автоматичному режимі засувка байпасного трубопроводу закрита, вона відкрита тільки при ручному регулюванні.

Нехай тиск на виході з насосної станції знаходиться в заданих межах $p - x \leq p_z \leq p + x$ (де x – допустимий діапазон відхилення тиску). У цьому випадку система управління перевіряє вироблення насосом добового моторесурсу, і якщо так, то проводить перемикання між насосами.

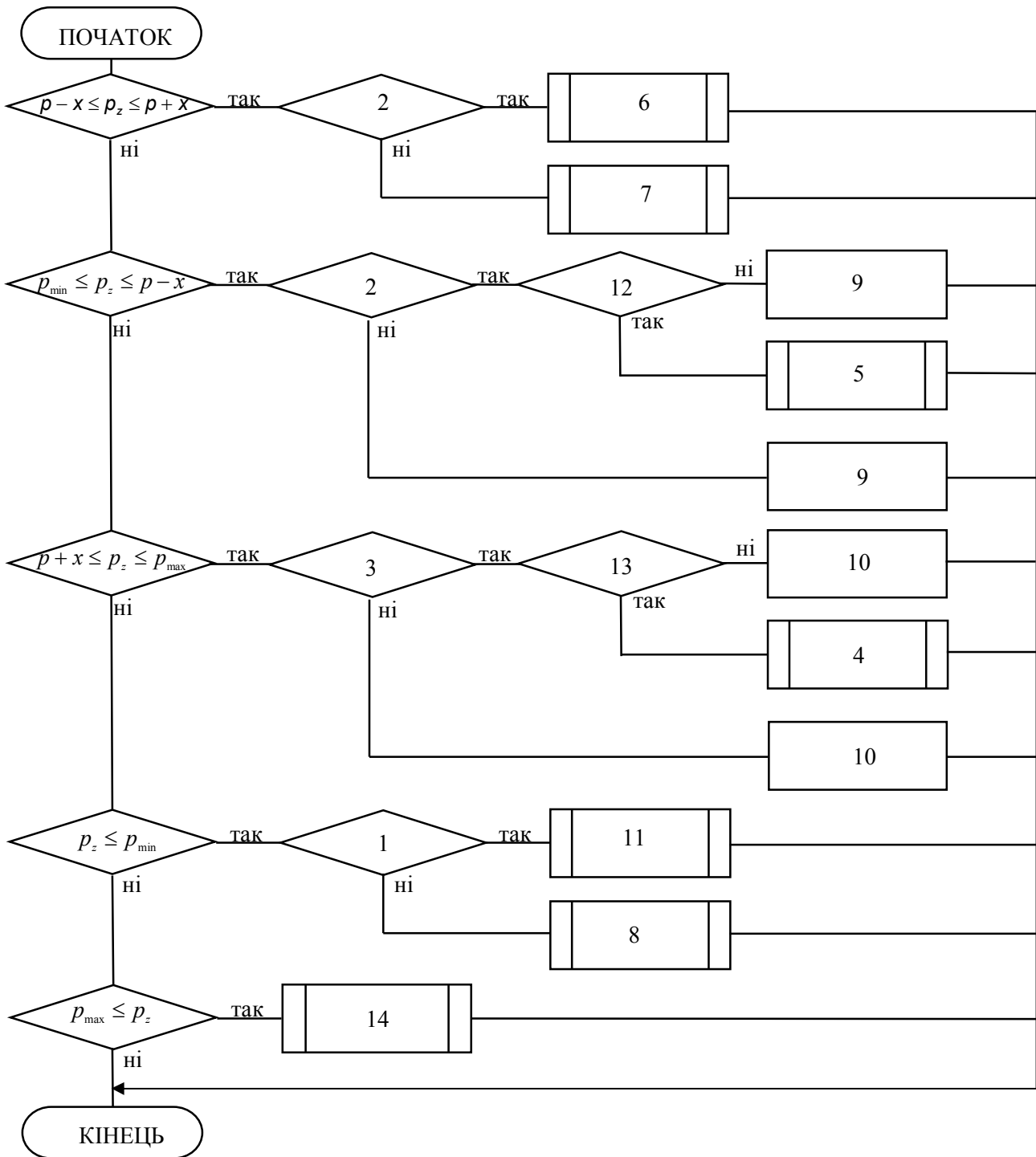


Рис.2. Схема алгоритму управління насосною установкою.
Умовні позначення 1-14 див. табл.1

Умовні позначення до схеми рис.1

Характеристики схеми		Умовні позначення
Групи характеристик	Окремі характеристики	
Робота насосних агрегатів	Працює будь-який із насосів	1
	Працює один насос	2
	Працюють два насоси	3
	Вимикання одного із двох насосів	4
	Вимикання другого насосу	5
Перевірка моторесурсу насосних агрегатів	Один насос	6
	Два насоси	7
	Пуск насосу з меншим моторесурсом	8
Регулювання частоти перетворювача	Збільшити частоту	9
	Зменшити частоту	10
	Збільшити частоту з контролем часу	11
	Максимальна частота	12
	Мінімальна частота	13
Аварійна зупинка	Сигнал «аварія»; зупинка	14

Якщо тиск менше норми $p_{\min} \leq p_z \leq p - x$, система управління перевіряє число працюючих насосів. Якщо працює один насос, то робиться перевірка роботи перетворювача частоти на максимальній частоті. Якщо ні, то подається команда на збільшення його частоти, інакше відбувається перемикавання насоса, який працює від перетворювача частоти, до мережі, а до перетворювача частоти підключається інший насос. Програма управління реалізована таким чином, що будь-який двигун запускається плавно через перетворювач. При вмиканні додаткового насоса агрегат, який працює від перетворювача, перемикається на роботу від мережі, а додатковий – приєднується до виходу перетворювача і плавно розганяється.

Якщо тиск більше норми $p + x \leq p_z \leq p_{\max}$, система управління перевіряє число працюючих насосів. Якщо працюють два насоси, то робиться перевірка роботи системи управління на мінімальній частоті. Якщо ні, то дається команда на зменшення його частоти, інакше відбувається відключення насоса, який працює від перетворювача частоти, а до перетворювача частоти підключається насос, який працює від мережі.

Якщо тиск менше мінімально допустимого $p_z \leq p_{\min}$, система управління перевіряє чи знаходиться який-небудь насос в роботі. Якщо ні, то система управління здійснює пуск того насоса (від перетворювача частоти), який напруцював найменший моторесурс. Якщо так, то система управління дає завдання на перетворювач частоти на підвищення частоти обертання насоса. Якщо протягом заданого часу тиск на виході насосної станції не

перевищує мінімально допустимого, то встановлюється сигнал "Аварія" і система управління зупиняє роботу насосної станції.

Якщо тиск на виході насосної станції більше максимально можливого значення $p_z > p_{\max}$, то система управління встановлює сигнал "Аварія" і припиняє роботу.

Ручний режим є аварійним і необхідний тільки для роботи, коли неможливий автоматичний режим роботи системи управління.

У якості основної насосної установки, яка регулюється, для системи водопостачання житлового комплексу оберемо насосну установку з вбудованим частотним перетворювачем CRE-32-3 фірми *Grundfos*. Цей вибір обумовлений рядом таких її переваг, як висока енергоефективність, малі габарити, простота монтажу, простота інтегрування в комп'ютерні системи контролю й управління. В комплекті з датчиком тиску, мембранним баком і зворотним клапаном ця насосна установка забезпечує повну автоматизацію системи водопостачання. Налаштування й контроль роботи насосної установки здійснюється за допомогою дистанційного пульта управління. Суттєвим фактором є також доступність програмного забезпечення для підбору насосного обладнання цього типу у відповідності до вихідних параметрів.

Попередня оцінка ефективності запропонованої технологічної схеми була проведена за допомогою програми *WinCAPS*, яка розповсюджується фірмою *Grundfos*. Результати отримані для насосної установки з 2-х насосів CRE-32-3.

За статичного напору 20 м для забезпечення продуктивності 53,1 м³/год при допомозі дроселювання напір установки складає 47,7 м, споживана потужність – 10,8 кВт (рис.3).

З іншого боку, аналогічна продуктивність досягається стабілізацією напору на рівні 35 м при повністю відкритій засувці та зниженні швидкості обертання робочого колеса одного з насосів на 19%, це забезпечує загальне зниження споживаної потужності на 2,05 кВт (рис.4).

Оцінимо як зменшаться при цьому витрати води за допомогою виразу:

$$\Delta Q_{\%} = \left(1 - \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} \right) \cdot 100. \quad (1)$$

Отже, за умови зниження напору з 47,7 м до 35 м очікується зменшення витрат води на 14,3 %.

Надійність насосного агрегату оцінювалась за виразами:

$$\lambda_2 = \frac{1}{2t_{a1}}, \quad (2)$$

$$p = e^{-\lambda_2 T}. \quad (3)$$

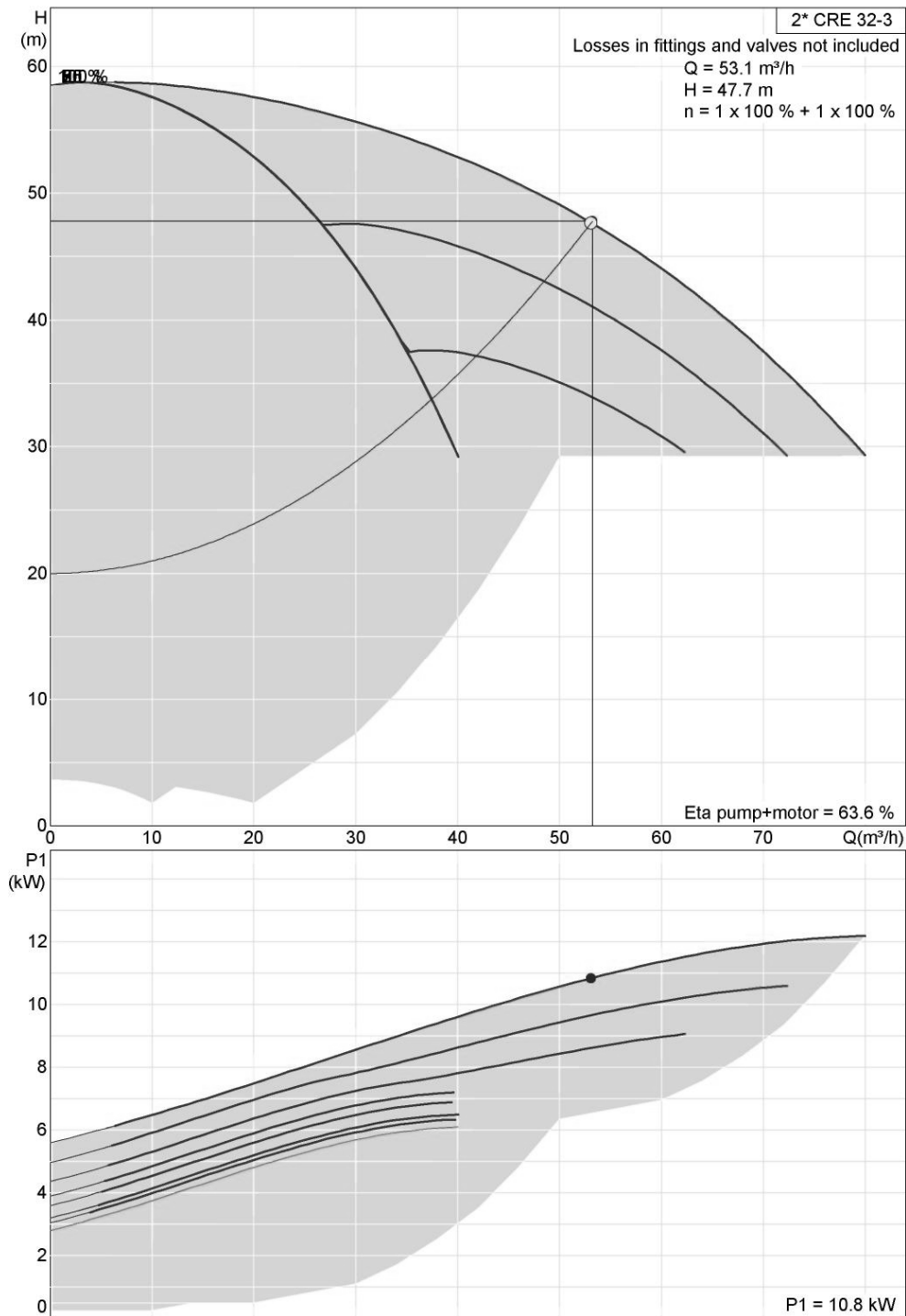


Рис.3. Характеристики насосної установки при дроселюванні

Так, при напрацюванні 18000 год ймовірність безвідмовної роботи агрегату з двох насосів на 66,7 % більша ймовірності при застосуванні установки з одного насосу.

Висновок. Зниження поточних витрат при експлуатації насосної установки системи водопостачання житлового комплексу можливе за умови грамотної організації технологічного процесу за рахунок впровадження сучасних засобів автоматизації та організації оптимального управління ними.

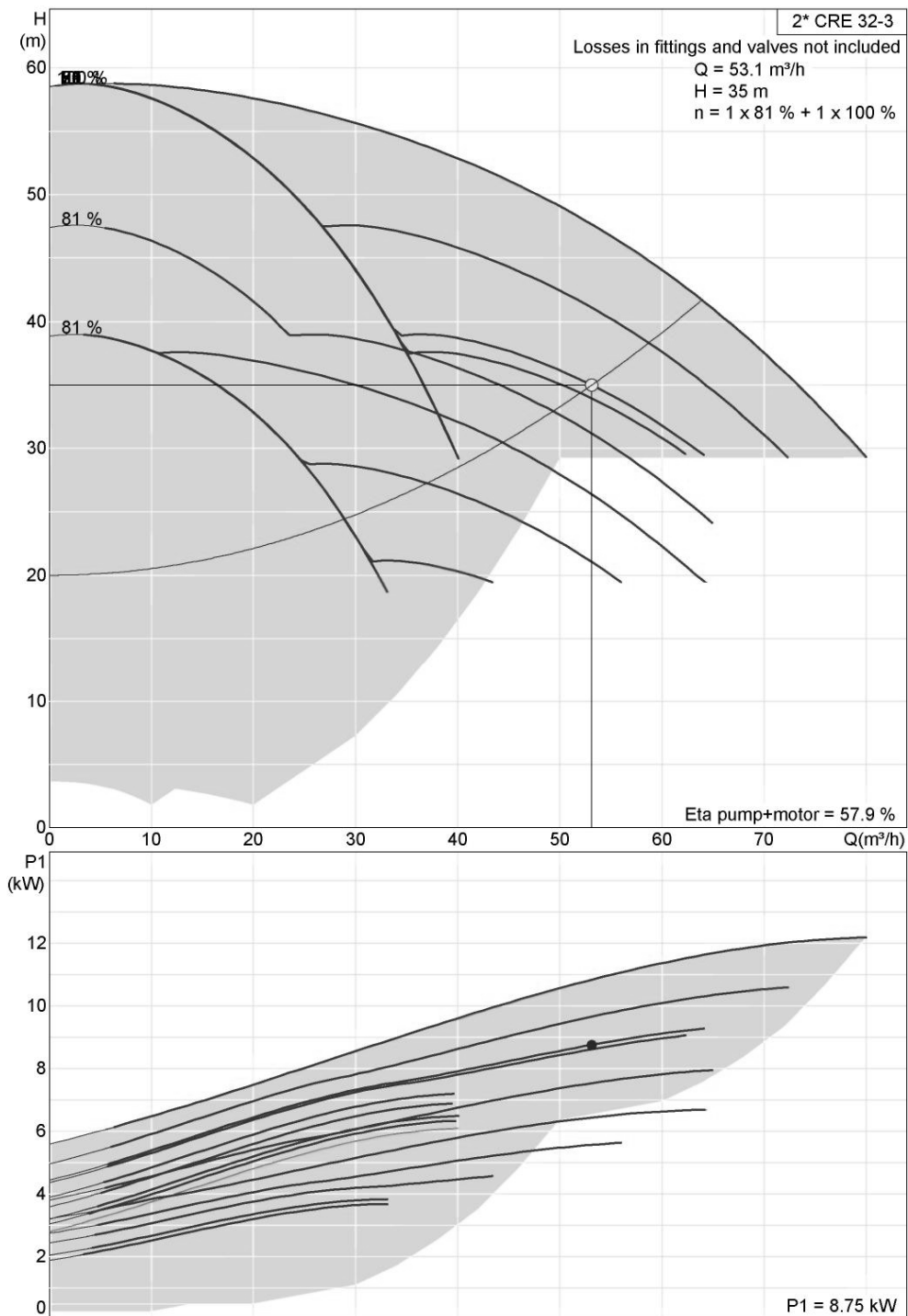


Рис.4. Характеристики насосної установки при стабілізації напору

Запропонований алгоритм управління багатоагрегатною насосною установкою передбачає рівномірне напруцювання моторесурсу, що зменшує ймовірність аварій та призводить до збільшення терміну безвідмовної експлуатації обладнання. При напруцюванні 18000 год ймовірність безвідмовної роботи двох агрегатів зростає на 66,7 %. Підтримання сталого напору у порівнянні з регулюванням положення дросельного затвору забезпечує суттєве зниження споживаної потужності, зменшує непродуктивні витрати води та сприяє раціональному використанню енергоресурсів.

Розрахунки показують, що зниження напору на 26,6 % при забезпеченні продуктивності 53,1 м³/год призводить до зменшення споживаної потужності на 18,98 % та скорочення витрат води через витоки на 14,3 %.

Отже, наведені оцінки, в цілому, підтверджують правильність обраних технічних рішень. Застосування систем водопостачання на основі сучасних насосів з частотним електроприводом приведе до суттєвих скорочень поточних витрат й підвищення якості та надійності водопостачання житлових комплексів.

Список літератури

1. *Закладний О.М.* Енергозбереження засобами промислового електропривода / О.М. Закладний, А.В. Праховник, О.І. Соловей – К.: Кондор, 2005. – 408 с.

2. *Лезнов Б.С.* Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках / Б.С. Лезнов – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.

3. *Белов М.П.* Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : [учебник для вузов] / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 576 с.

4. *Попович М.Г.* Енергозберігаючі інтерактивні електромеханічні системи автоматичного керування насосними установками / М.Г. Попович, М.В. Печеник, О.І. Кіселичник, О.Ф. Соколовський // Електромашинобудування та електрообладнання. Одеський національний політехнічний університет. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Одеса, 2006. – Випуск 66 – С. 311–314.

5. *Соколовський О.Ф.* Застосування інтерактивного алгоритму в схемах багатоагрегатних насосних установок / О.Ф. Соколовський // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – Житомир, 2007. – Випуск IV (43). – С. 48-54.