

# АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАПУСКУ ДВИГУНІВ НАСОСІВ ПРИ ЇХ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ

**Мошноріз М. М., асистент, Варавва М. О., студент  
Вінницький національний технічний університет**

**Вступ.** Більшість насосних станцій виконується у вигляді ряду насосів, які вмикаються в мережу водопостачання паралельно. Регулювання продуктивності такої системи відбувається зміною кількості працюючих насосів або поєднанням цього способу з іншими способами регулювання. Не зовсім вирішеними залишаються питання, які з насосів краще вмикати чи вимикати для зміни продуктивності станції.

Існує підхід до вирішення названого питання шляхом чергування двигунів при наступному запуску. Таким чином забезпечується вирівнювання ресурсу по кількості прямих пусків, які виконують електричні двигуни насосів. Відомий підхід, коли рішення про ввімкнення того чи іншого двигуна приймається на основі сумарної тривалості його безперервної роботи; і намагаються при цьому вирівняти ресурс двигунів по тривалості безперервної роботи. Названі підходи виконуються, зазвичай, оператором насосної станції і, у зв'язку з цим, мають ряд недоліків, пов'язаних з людським фактором в процесі прийняття рішення на запуск насосних агрегатів.

При аналізі проблеми керування запуском двигунів насосних агрегатів слід зазначити, що насосні станції міського водопостачання (про які і піде мова далі) обладнуються двигунами середньої та великої потужності, які мають обмеження на кількість прямих пусків, інтервал між пусками, температуру обмоток, просідання напруги мережі живлення під час пуску [1, 2, 3].

Відповідно до [1 с. 65] двигун, нагрітий до робочої температури, допускає один пуск з гранично допустимим динамічним моментом інерції на валу. З холодного стану допускається два послідовних пуски з гранично допустимим динамічним моментом інерції на валу та зупинкою двигуна між пусками. Значення гранично допустимих кількостей пусків за годину та граничнодопустимого моменту інерції визначаються граничнодопустимою температурою обмотки статора або ротора двигуна. В [2] наводяться основні паспортні дані асинхронних двигунів серії А4 з напругою живлення 10 кВ і потужністю 500-800 кВт. Середнє напрацювання на відмову складає 15000 год. Номінальний режим роботи двигунів по ГОСТ 183-74 [2 с. 89] S1. Двигуни мають прямий пуск при номінальній напрузі мережі живлення та при зниженні напруги мережі за час пуску до  $0,8U_{ном}$ . Двигуни допускають два пуски підряд з інтервалом 5 хвилин з холодного стану або один з гарячого при середньому гальмівному моменті механізму 0,3 номінального і максимально допустимих динамічних моментах механізму не вище за наведені в [2 с. 89]. Інтервал між пусками відповідно до [2 с. 90] становить не менше 3 години. Кількість пусків в рік не повинно перевищувати 250, а за термін служби – 2000. Клас нагрівостійкості ізоляції обмотки статора по ГОСТ 8865-87 – F з температурним використанням на рівні класу В.

Для двигуна, який вичерпав свій ресурс по кількості прямих пусків, черговий запуск може призвести до пробою ізоляції і, як наслідок, міжвиткового короткого замикання чи замикання на корпус фази обмотки статора двигуна; виходу його із ладу; зупинки НА; зриву роботи системи водопостачання, яка не забезпечить потрібного значення подачі. Крім того, температурні процеси в обмотці двигуна змінного струму великої потужності впливають на термін його служби не тільки при пуску, а і при охолодженні електричної машини. За статистичними дослідженнями 50-95% причин виходу з ладу електричних машин зумовлені ушкодженням обмотки статора (пробій міжвиткової ізоляції).

**Мета роботи.** Тому важливо розробити алгоритм запуску двигунів насосних агрегатів при їх паралельній роботі, який би враховував особливості пуску двигунів та забезпечував вирівнювання ресурсу обладнання.

**Матеріал і результати дослідження.** Припустимо, що насосні агрегати можна ввімкнути і вимкнути в будь-який момент часу. Введемо змінні  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , які характеризують роботу насосів, причому, коли ввімкнений і-й насос, то приймається  $x_i = 1$ , в протилежному випадку  $x_i = 0$ . Для забезпечення вирівнювання ресурсу по тривалості безперервної роботи введемо  $t_i$  – час безперервної роботи і-го і  $Z_{мех.i}$  – механічний знос і-го насоса при роботі протягом одиничного проміжку часу  $t_i$ . Для забезпечення вирівнювання ресурсу по кількості прямих пусків введемо  $Z_{ел.i}$  – електричний знос ізоляції обмоток, контактних з'єднань і-го двигуна за один пуск. Кількість реалізованих двигуном пусків за період експлуатації позначимо  $N_{пi}$ . Так само як і в працях [4, 5, 6] побудуємо цільову функцію  $C$ , яка враховуватиме затрати енергії на черговий пуск та напрацьований ресурс безперервної роботи

$$C = \sum_{i=1}^n [Z_{мех.i} t_i + Z_{ел.i} N_{пi}]. \quad (1)$$

Розв'язавши задачу мінімізації цільової функції  $C$  можна знайти змінні  $x$  кожного насоса при загальній кількості насосів, рівній  $n$ .

Перемикаючи кількість насосів потрібне для забезпечення певного значення продуктивності станції, тому розв'язуючи задачу мінімізації цільової функції (1) необхідно врахувати обмеження на забезпечення потрібного значення продуктивності  $Q_{потр}$

$$\sum_{i=1}^n Q_i x_i \geq Q_{\text{потр}}, \quad (2)$$

де  $Q_i$  – продуктивність  $i$ -го насосного агрегату при роботі його з іншими насосами на мережу водопостачання.

Задача, яка описується виразами (1) та (2) є задачею математичного програмування лінійного типу [7 с. 5]. Визначенні в результаті її розв'язання двигуни можуть не запускатися за технологічним обмеженням на частоту прямих пусків. Для врахування цієї особливості в роботі [8] пропонується математична модель роботи пристрою керування запуском двигунів середньої і великої потужностей.

Об'єднавши запропонований підхід до визначення комбінацій ввімкнених насосних агрегатів з підходом до врахування при пуску агрегату особливостей електричного двигуна середньої і великої потужностей, побудуємо алгоритм автоматизованого запуску названих двигунів (рис. 1).

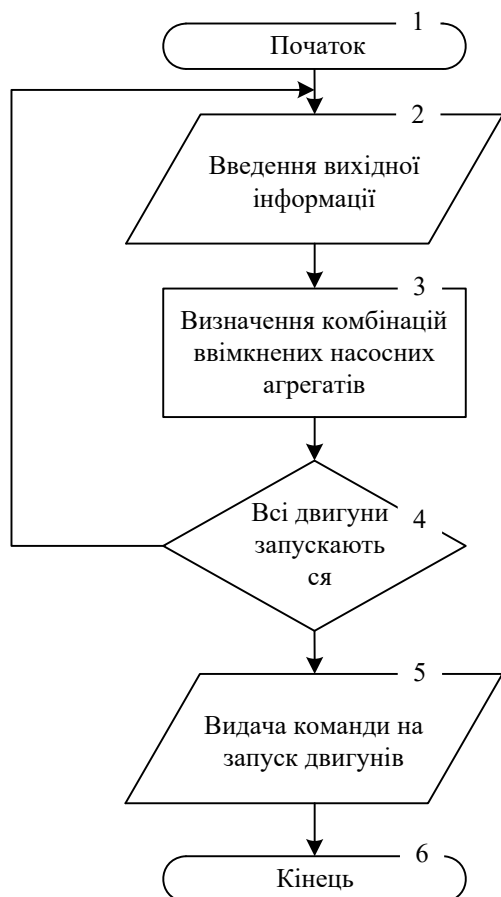


Рисунок 1 – Алгоритм автоматизованого запуску двигунів насосних агрегатів при їх паралельній роботі

В блоці 2 задаються потрібне значення продуктивності, величини електричного та механічного ресурсів, кількості реалізованих кожним двигуном пусків та тривалість безперервної роботи; значення допустимої кількості пусків, номінальної напруги, граничної температури, допустимий інтервал між пусками з холодного та гарячого станів.

В блоці 3 виконується розв'язання задачі оптимізації (1). В результаті отримуємо комбінації змінних  $x_i$ , які вказують на насосні агрегати, при яких забезпечується виконання обмеження (2).

В блоці 4 перевіряється чи всі з насосних агрегатів, які мають запускатися, можуть це зробити враховуючи обмеження на прямий пуск двигунів середньої та великої потужності. По великому рахунку в блоці 4 має виконуватись послідовність дій, описана в роботі [8].

Якщо всі з потрібних для виконання умови (2) насосних агрегатів можуть запускатися враховуючи обмеження до прямого пуску двигунів середньої та великої потужності, то видається команда на запуск цих двигунів (блок 5). В протилежному випадку виконується перерахунок до тих пір, поки результати операцій, які виконуються в блоках 3 та 4, не співпадуть.

**Висновки.** Запропонований алгоритм дозволяє виконати автоматизацію процесу вибору потрібної кількості насосних агрегатів, для забезпечення потрібного значення продуктивності, на мікропроцесорній основі.

#### БІБЛІОГРАФІЧНІ ДАНІ

1. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/ А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. - М.: Энергоиздат, 1982. - 504 с. ил.
2. Справочник. Машины электрические. Том 3. Машины электрические большой мощности. Часть I. Электродвигатели асинхронные. – Москва, 1990. с. 182. (Всесоюзный научно-исследовательский институт стандартизации в электротехнической промышленности ВНИИ стандартэлектро).
3. Двигатели трехфазные асинхронные напряжением свыше 1000 В. Общие технические условия : ГОСТ 9630-80. – [Чинний від 1982-01-01]. – Издательство стандартов, 1987. – 9 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
4. Мошноріз М.М. Розробка математичних моделей та пристроїв для оптимізації керування насосною станцією: Дис. магістра наук: 8.092203 - Вінниця, ВНТУ., 2006. - 100 с.
5. Искендеров А. А. Задачи выбора оптимальных режимов работы НС// Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - 2004. - №5. - С. 62-64.
6. Мошноріз М. М. Оптимізація режимів роботи насосної станції водопостачання / М. М. Мошноріз, Г. В. Горячев // Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації : Четверта Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених і спеціалістів, 19-21 квітня 2006 р. : тези доповідей. – К. : КДПУ, 2006. – С. 35.
7. Хом'юк І.В., Карпенко В.Л., Хом'юк В.В. Математичне програмування. Частина 1:Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2004. - 78 с.
8. Мошноріз М. Система керування запуском насосного агрегату станції водопостачання / Микола Мошноріз, Володимир Грабко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2008. – Випуск 30. – С. 310 – 311.