

## ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

Вінницький національний технічний університет;

### Анотація

Розроблено проектну документацію на частотнокерований електропривод насосного агрегату. Розраховано потужність насоса, обрано приводний двигун, розраховано елементи силової частини електропривода та виконано його моделювання в програмі Matlab. Шляхом комп'ютерного моделювання встановлено, що найбільш ефективним способом керування насосними агрегатами є скалярний спосіб керування, при якому напруга живлення двигуна пропорційна квадрату частоти її коливань.

**Ключові слова:** закон частотного керування, електропривод, насосний агрегат, Matlab Simulink, комп'ютерне моделювання.

### Summary

Design documentation for frequency-controlled electric drive of the pump unit has been developed. The power of the pump is calculated, the drive motor is selected, the elements of the power part of the electric drive are calculated and its modeling in the Matlab program is performed. Computer simulations have shown that the most effective way to control pump sets is a scalar control method, in which the supply voltage of the motor is proportional to the square of the frequency of its oscillations.

**Keywords:** frequency control law, electric drive, pump unit, Matlab Simulink, computer simulation.

### Вступ

Для найбільшої експлуатаційної і економічної ефективності сучасні перетворювачі частоти в керуючій частині мають контролер з датчиком зворотного зв'язку (датчиком тиску на виході насоса, датчиком навантаження на механізмі тощо), що дозволяє автоматично реалізувати оптимальний технологічний процес, а також вирішити ряд додаткових завдань (контроль, діагностика, захист).

Можна виділити типові напрямки впровадження частотних перетворювачів і систем автоматизації на їх базі: системи водопостачання, водовідведення, каналізації, вентиляції тощо; конвеєри, транспортери; підйомники, крани, ліфти; різні транспортні засоби (потяги, трамваї, тролейбуси, автомобілі); гідроприводи термопластавтоматів, деяких шліфувальних, заточувальних, агрегатних та інших верстатів.

**Мета роботи:** підвищення ефективності роботи електропривода насосного агрегату за рахунок підтримання максимального значення ККД електропривода.

**Об'єктом дослідження** є процес управління електроприводом насосного агрегату з метою забезпечення технологічних потреб та максимального значення ККД електропривода.

**Предметом дослідження** комп'ютерна модель електропривода насосного агрегату.

### Результати дослідження

Відомо, що у частотнокерованому електроприводі насоса при зменшенні потокозчеплення зростають втрати в сталі, а втрати в міді зменшуються. Тоді ж сумарні втрати мають мінімум  $P_{t,min}$  при оптимальному значенні потокозчеплення  $\psi_e = 0,52\psi_0$ . Подібним чином поведуть себе залежності сумарних втрат від потокозчеплення і для інших значень швидкості двигуна (рис. 1)[1].

На рис. 1 помітно, що оптимальне потокозчеплення і відповідний мінімум втрат змінюються в залежності від режиму роботи приводу. Криву залежності потужності від потокозчеплення, якщо її провести через точки екстремумів, можна використати для формування залежності оптимального потокозчеплення від швидкості, яку можна виразити у вигляді скалярного закону управління, що забезпечує режим мінімальних втрат у приводі.

Порівняння втрат, відповідних кривих 1 і 2 (рис. 1), показує, що використання оптимального закону керування приводом дозволяє знизити втрати енергії на 5-10% в порівнянні з традиційним законом управління [2].

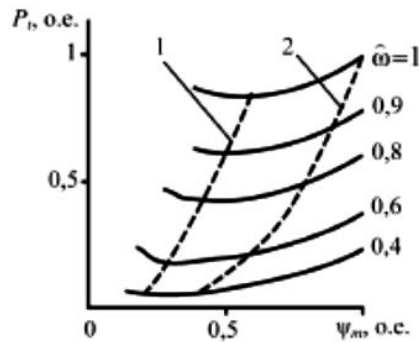


Рис. 1. Втрати енергії при різних швидкостях двигуна при оптимальному(1) та традиційному(2) закону управління

Оптимальний закон управління може бути безпосередньо реалізований у функціональному перетворювачі. Однак отриманий закон справедливий тільки для певного типу двигуна і не є загальним. Для іншого двигуна необхідно повторення процедури виведення закону управління. Екстремальний закон управління може бути здійснений шляхом безпосереднього обчислення оптимального значення поточного значення по математичній моделі двигуна, закладеної в пам'ять мікропроцесорного пристрою [2]. Однак для знаходження оптимуму, потрібно визначити точні моделі багатьох видів витрат, які враховують нелінійний характер намагнічування, температурну і частоту залежності параметрів двигуна та інші фактори. Це призводить до ускладнення системи управління і необхідності застосування адаптивного спостерігача координат [2].

Використаний ітераційний метод пошуку мінімуму втрат, позбавлений зазначених недоліків. Цей метод дозволяє мінімізувати втрати енергії як в інверторі, так і двигуні. Оптимальний режим роботи двигуна визначається безпосередньо під час роботи приводу [2].

#### Висновки

Розроблено спосіб реалізації оптимального закону управління електроприводом насосного агрегату. Проте, для знаходження оптимуму, потрібно визначити точні моделі багатьох видів витрат, які враховують нелінійний характер намагнічування, температурну і частоту залежності параметрів двигуна та інші фактори. Це призводить до ускладнення системи управління і необхідності застосування адаптивного спостерігача координат.

Для полегшення процесу розрахунку оптимальних значень швидкості насосного агрегату пропонується і обґрунтовується використання ітераційного методу пошуку мінімуму втрат. Цей метод дозволяє мінімізувати втрати енергії як в інверторі, так і двигуні. Оптимальний режим роботи двигуна визначається безпосередньо під час роботи приводу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеєва и А. В. Шинянского. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 616 с.
2. M. Moshnoriz, S. Babiy, A. Payanok, A. Zhukov, D. Protsenko (2021). Improving the efficiency of distributed water supply systems by means of an adjustable electric drive. Scientific Horizons. <https://sciencehorizon.com.ua/en/journals/tom-24-5-2021/pidvishchennya-efektivnosti-roboti-rozpodilenikh-sistem-vodopostachannya-zasobami-regulovanogo-elektroprivoda>; [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(5\).2021.19-34](https://doi.org/10.48077/scihor.24(5).2021.19-34).

**Мошноріз Микола Миколайович** – канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, e-mail: moshnoriz@vntu.edu.ua.

**Вікулов Іван Володимирович** – студент групи 1ЕМ-18б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: vaniavikulov04@gmail.com.

**Moshnoriz Mykola Mykolayovych** – Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, e-mail: moshnoriz@vntu.edu.ua.

**Vikulov Ivan Volodymyrovych** – student of group 1EM-18b, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: vaniavikulov04@gmail.com..