

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ПО ДОСЛІДЖЕННЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТУ РІДИН ПРИ ВИКОРИСТАННІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Печеник М.В., к.т.н., доц., Бур'ян С.О., к.т.н., доц., Землянухіна Г.Ю., магістрантка

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** На сьогоднішній день використання альтернативної енергетики стає все більш популярним та доцільним, оскільки це дозволяє економічно та екологічно отримувати електричну енергію. Дослідження вітрової енергетики почали вдосконалюватися в минулому столітті, головним чином через нафтові кризи та забруднення навколишнього середовища [1]. Зростаючий інтерес до застосувань вітрових турбін та швидкий розвиток силової електроніки дозволяють виробникам знаходити найбільш прийнятні та недорогі технології для їх реалізації.

Зараз вітрові турбіни використовуються і для перекачування води. Механічно з'єднані вітрогенератори із системами водопостачання є найбільш поширеним методом для перекачування води на сільськогосподарські орні землі та для задоволення потреб худоби на фермах [2]. Насос підключається при цьому до вітрової турбіни через мотор-генераторний зв'язок. Оскільки зв'язок електричний, вітрова турбіна може розташовуватися на оптимальній ділянці, де можна отримувати максимальну кількість енергії вітру, тоді як насос знаходиться поруч із водою або резервуаром для води [3].

**Мета роботи.** Метою роботи є постановка задачі керування насосними установками при використанні альтернативних джерел енергії.

**Матеріали і результати досліджень.** Існуючі способи живлення керованих та некерованих насосних установок можна представити у вигляді наступної схеми (рис. 1):



Рисунок 1 – Розподіл способів живлення насосних установок

На рис.1 введені наступні позначення: ПЧ – перетворювач частоти; ТРН – тиристорний регулятор напруги; ППП – пристрій плавного пуску; ПП – прямий пуск; СГ – синхронний генератор; АГ – асинхронний генератор.

В керованих системах електроприводу (ЕП) при живленні від мережі використовується ПЧ для реалізації систем стабілізації напору або продуктивності. ТРН забезпечує регулювання одиночної насосної установки в певних межах, його запуск, а також почерговий запуск інших приводів, що працюють паралельно з регульованим (незалежно від того, яким машинним устаткуванням вони оснащені – синхронним чи асинхронним). Такі системи мають широке застосування в житлових комплексах та на підприємствах, оскільки основними перевагами таких ЕП є їх простота, надійність, легкість автоматизації в загальній технологічній схемі [4].

Некеровані системи ЕП з ППП використовуються для уникнення гідроударів в мережі при пуску електродвигуна. У випадках несправності основного агрегату, найчастіше в систему водопостачання, що живиться напряду від мережі, підключається нерегульований електропривод до усунення несправності в системі.

Для керування системами водопостачання, що живляться від альтернативних джерел енергії, таких як вітроустановки, використовують як системи з синхронними, так і з асинхронними вітрогенераторами. Синхронні турбіни можуть працювати із постійною або змінною швидкостями. Робота генератора зі змінною швидкістю дозволяє ефективніше отримати енергію порівняно з турбінами, що працюють на постійній швидкості [5].

Серед систем водопостачання з використанням вітрогенераторів зі змінною швидкістю можна виділити дві основні конфігурації. Одна з них представляє собою пряме сполучення між генератором та статором двигуна. У такому випадку швидкість обох машин підтримується постійною. Основним недоліком є те, що компоненти необхідно обирати з такими параметрами, щоб вони були задовільними для кожного окремого випадку. Це пов'язано з тим, що для підвищення ефективності роботи системи необхідно, щоб характеристичні криві навантаження, утворені насосом на різних швидкостях, співпадали з оптимальною кривою моменту вітрогенератора. Друга конфігурація являє собою два перетворювача, які дозволяють роз'єднувати насос і турбіну. У такому випадку немає потреби в точному узгодженні параметрів насоса та турбіни, але перетворювачі повинні мати достатні можливості для керування насосом на номінальній потужності, що значно збільшує вартість системи [3].

Останнім часом значний інтерес представляють системи із використанням асинхронних генераторів, насамперед машин подвійного живлення (МПЖ). МПЖ є альтернативою роторним машинам і із постійними магнітами у системах перетворення енергії вітру. Через можливість зменшення або навіть усунення коробки передач, її використання в системах з автономними вітрогенераторами збільшує надійність і рівень техніко-економічних показників електромеханічної системи в цілому та зменшує експлуатаційні витрати, що має велике значення [6].

Крім того, певний інтерес представляє система керування насосом при використанні асинхронного генератора з подвійним живленням [7]. Допоміжне керування здійснюється через статор МПЖ за допомогою перетворювача частоти АС/АС. Таке рішення дає змогу відокремити вітрогенератор від насоса, що значно зменшує потік електроенергії через перетворювач. Запропонована конфігурація зменшує необхідні номінальні параметри перетворювача, при цьому знижується вартість системи, покращуючи її продуктивність. Стратегія контролю крутного моменту за допомогою варіації допоміжної статорної частоти дозволяє працювати при змінній швидкості турбіни. Для кращих показників системи при номінальних значеннях обох машин використовувався частотний закон керування  $U/f$  в ланці змінного струму.

Ще один варіант для вирішення задачі керування системами водопостачання використовуючи вітрогенератор пропонують автори роботи [8]. Керування відцентрового насоса, що механічно з'єднаний з асинхронним двигуном, здійснюється за допомогою вітротурбіни з асинхронним генератором подвійного живлення. Допоміжне живлення МПЖ також здійснюється через статор генератора, змінюючи частоту та напругу його збудження за допомогою двох перетворювачів частоти DC/АС та АС/DC. Наявність в системі двох перетворювачів є однією з привабливих особливостей системи, оскільки з'являється можливість включення додаткового джерела енергії з інших типів альтернативних джерел, таких як сонячна енергія, які не потребують додаткового керування. Шина постійного струму з'єднує головний та допоміжний статори через два перетворювачі таким чином, що насос може живитися з обох джерел. Частотний закон керування  $U/f$  дає змогу підтримувати оптимальний крутний момент турбіни.

Не менш цікавим рішенням при керуванні насосними установками, є використання сонячних панелей, як джерела альтернативної енергії. У роботі [9] розглядається система водопостачання у 6-поверхову будівлю, що складається з фотоелектричних панелей, контролеру насоса або інвертора, перемикача тиску, резервуару та насоса, що працює на змінному струмі. Протягом дня модуль фотоелектричних панелей виробляє постійний струм, що інвертується у змінний струм за допомогою інтелектуального інвертора. Кількість води, що перекачується до резервуару, повністю залежить від кількості сонячних променів, що потрапляють на сонячні панелі та тип насоса. Наприклад, під час оптимального періоду сонячного світла (від пізнього ранку до пізнього дня в яскраві сонячні дні) насос працює на 100% потужності або при максимальній витраті води. Однак протягом ранку та пізнього вечора потужність насоса може зменшуватися на 25% і більше в умовах низького освітлення, що є головним недоліком системи.

Разом з тим використання зазначених вище принципів побудови систем водопостачання не завжди відповідають вимогам технологічних процесів, які не допускають перерви в роботі даних механізмів у складі промислових комплексів, в тому числі і при роботі на розподілену гідравлічну мережу. Отже, досить актуальним є завдання розробки комбінованих систем керування, що дозволяють забезпечувати плавний перехід насосних механізмів, в залежності

від поточних параметрів гідравлічної мережі, на роботу від альтернативних джерел енергії до традиційних і навпаки. В даному випадку достатньо перспективним є використання інтелектуальних систем в розробці і дослідженні комбінованих принципів керування.

**Висновки.** Проведений аналітичний огляд показує, що на сьогоднішній день питання керування системами водопостачання за допомогою альтернативних джерел енергії являється актуальним та перспективним. Подібні системи використовують як синхронні, так і асинхронні генератори. Використання асинхронних генераторів надає змогу більш широкого спектру живлення насосних установок, наприклад введення в систему інших альтернативних джерел енергії, таких як сонячні батареї. Такі системи використовують тільки частотний закон керування. Існуючі системи керування насосами при живленні від альтернативних джерел енергії використовують спрощені підходи, які не дозволяють в повній мірі забезпечити роботу з максимальною ефективністю, тому розробка повністю керованих систем є актуальною. Не менш актуальним є питання розробки та дослідження комбінованих принципів керування за допомогою інтелектуальних систем, що дозволять здійснювати плавний перехід між традиційною роботою насосних установок та роботою від альтернативних джерел енергії, враховуючи поточні параметри гідравлічної мережі.

#### Перелік посилань

1. Emna M. E., Adel K., Mimouni M. F. The wind energy conversion system using PMSG controlled by vector control and SMC strategies //International Journal of Renewable Energy Research. – 2013. – Т. 3. – №. 1. – С. 41-50.
2. Camocardi P., Battaiotto P., Mantz R. Autonomous water pumping system based on wind generation. Control by rotor frequency //Industrial Technology (ICIT), 2010 IEEE International Conference on. – IEEE, 2010. – С. 903-908.
3. Amelio M., Bova S. Exploitation of moderate wind resources by autonomous wind electric pumping systems //Renewable energy. – 2000. – Т. 21. – №. 2. – С. 255-269.
4. Родькин Д.И., Коренькова Т.В., Басараб О.В. Рациональные системы электропривода насосных станций городского водоснабжения//“Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика”, вестник Харьковского государственного политехнического университета, 1999, вып. 61. -С.165-169.
5. Zinger D. S., Muljadi E. Annualized wind energy improvement using variable speeds //IEEE Transactions on Industry Applications. – 1997. – Т. 33. – №. 6. – С. 1444-1447.
6. Troncoso P. E., Mantz R. J., Battaiotto P. E. Active and reactive power regulation in wind turbines based on BDFIG machines //URUCON, 2017 IEEE. – IEEE, 2017. – С. 1-4.
7. Camocardi P., Battaiotto P., Mantz R. Brushless Doubly Fed Induction machine in wind generation for water pumping //Electrical Machines, 2008. ICEM 2008. 18th International Conference on. – IEEE, 2008. – С. 1-6.
8. Camocardi P., Battaiotto P., Mantz R. Wind generator with double stator induction machine. Control strategy for a water pumping application //Universities Power Engineering Conference, 2008. UPEC 2008. 43rd International. – IEEE, 2008. – С. 1-5.
9. Uddin M. R., Hossen M. R., Salim K. M. Design, implementation and cost analysis of a solar powered water pump for multistoried building //Green Energy and Technology (ICGET), 2015 3rd International Conference on. – IEEE, 2015. – С. 1-5.