

## АВТОМАТИЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХВИЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Хвильові електростанції (ХвЕС) належать до складних електромеханічних об'єктів морського базування, які функціонують в екстремальних умовах і характеризуються невизначеністю впливу зовнішніх збурень і необхідністю постійної адаптації до них з метою максимального відбору електроенергії й забезпечення безпечного функціонування [1]. Побудова ефективних систем автоматичного керування такими об'єктами можлива лише на основі використання елементів штучного інтелекту, оскільки робота основних елементів ХвЕС вимагає постійної адаптації до поточних гідрометеорологічних умов.

У роботі розглядається варіант побудови ХвЕС, що містить два синхронні генератори СГ-1 і СГ-2, а робочий орган (РО) – первинний енергоперетворюючий елемент – виконано у вигляді гнучкого поздовжнього тіла (стрічки, циліндра тощо), вільно розташованого у пазах декількох напрямних, кожна з яких має можливість обертання навколо розташованого на понтонах загального валу, передаючи осьовий крутний момент від РО на цей вал тільки в одному напрямку, і дає змогу РО приймати форму спіралі, крок якої відповідає довжині хвилі, що впливає на робочий орган [2].

Метою роботи є автоматизація режимів роботи такої ХвЕС на основі застосування елементів штучного інтелекту, що забезпечило б високу енергетичну ефективність перетворення енергії хвиль в електроенергію у широкому діапазоні зміни параметрів хвиль.

Попередніми дослідженнями авторів встановлено [3, 4], що до основних каналів «інтелектуального» керування ХвЕС належать:

- нейронечітке керування просторовим положенням ХвЕС – орієнтацією РО щодо вектора швидкості набігання хвиль та глибиною його занурення з метою розташування в зоні максимального розрахункового значення енергії хвилі;

- нейронечітке керування гідродинамічною взаємодією РО і водного середовища як носія гідроенергії – керування формою гнучкого РО з метою максимально ефективного перетворення у механічну енергію енергії вертикальної складової морського хвилювання в розрахунковому діапазоні зміни її енергетичних характеристик;

- безтрансформаторне підвищення та стабілізація вихідної напруги ХвЕС в усталених і перехідних режимах шляхом послідовного включення синхронних генераторів СГ-1 і СГ-2 та утримання заданого кута між роторами цих генераторів за допомогою нейронечіткого регулятора (ННР) [5];

- нейронечітке регулювання активної та реактивної потужності в усталених і перехідних режимах;

- нейронечітке регулювання поточної величини електроенергії, що відбирається від ХвЕС у процесі її роботи, оскільки вона впливає на ефективність первинного енергетичного процесу електростанції – на гідродинамічну взаємодію РО й водного середовища як носія гідроенергії.

Кожний з зазначених каналів працює в умовах невизначеності характеристик зовнішнього хвильового середовища, що обумовлює необхідність застосування нейронечітких регуляторів (ННР) [6].

Узагальнена структура системи автоматичного керування ХвЕС, що побудована на основі ННР, наведена на рис. 1.



Рис. 1 Узагальнена структура системи автоматичного керування ХвЕС

Оскільки первинні процеси перетворення хвильової енергії у механічну енергію обертання вала протікають на рівні гідродинамічної взаємодії РО і водного середовища, розглянемо особливості застосування ННР на прикладі керування формою гнучкого РО з метою максимально ефективного перетворення у механічну енергію енергії вертикальної складової морського хвилювання в розрахунковому діапазоні зміни її енергетичних характеристик.

На рис. 2 наведено узагальнену схему механізму регулювання форми (довжини) гнучкого РО при хвильовій водній поверхні, де позначено: 1 – утримуюча платформа; 2 – гнучкий РО (стрічка, циліндр тощо); 3 – напрямні, в яких встановлено РО; 4 – храпові механізми напрямних; 5 – вал; 6 – трансмісія; 7, 18 – послідовно з'єднані синхронні генератори СГ-1 та СГ-2 [5] та їх система гідроприводу 19; 8, 17 – понтони, на яких встановлено обладнання ХВЕС; 9 – якірна опора; 10 – датчик моменту М на валу; 11 – датчик кутової частоти обертання вала  $\omega$ ; 12 – електропривод барабана 13 з гальмом 12; 13 – барабан, на якому міститься частина РО, яка попускається чи вибирається за сигналами ННР. У свою чергу, ННР містить блок множення 14, обчислювач 15, підсилювач 16.

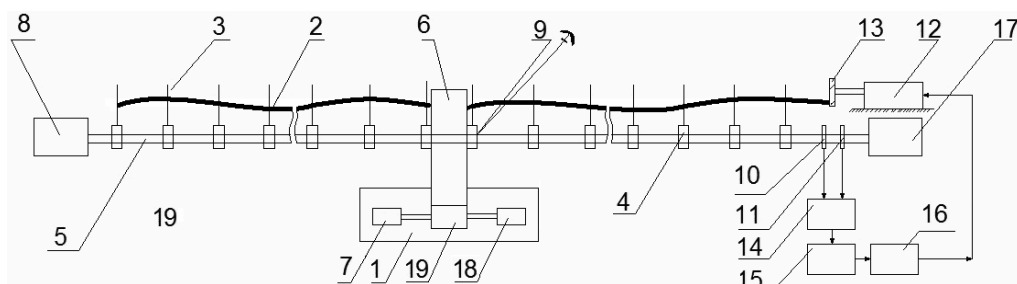


Рис. 2 Узагальнена схема механізму регулювання довжини гнучкого робочого органу ХВЕС

Гнучкий РО, розміщений у напрямних 3, під впливом хвилі, що набігає, приймає форму гвинтової спіралі довжиною  $L$ . Крутний момент, що виникає від впливу хвилі, що набігає, від РО передається через напрямні 3, храповий механізм 4, вал 5 і трансмісію 6 до генераторів 7 і 18, де виробляється електроенергія. ННР забезпечує встановлення (шляхом вибирання чи попускання) оптимальної довжини РО  $L_{opt}$  за допомогою електропривода з гальмом 12 і барабана 13, при якій механічна потужність  $P = M \times \omega$  максимальна.

Механізм регулювання довжини гнучкого поздовжнього тіла реалізує закон керування:

$$L_{opt} = f(P_{max}),$$

де  $P_{max} = M \times \omega = f(L) \rightarrow \max$ .

При зменшенні довжини хвилі від максимального проектного значення  $a_{max}$  до мінімального проектного значення  $a_{min}$  механізм регулювання довжини РО збільшує його довжину настільки, щоб механічна потужність  $P$  на валу була максимальною. Для цього в обчислювачі 15 реалізується один з відомих алгоритмів пошуку екстремуму, реалізований на базі штучної нейронної мережі. Отриманий з виходу обчислювача 15 сигнал керування через підсилювач 16 подається на електропривод 12, який шляхом попускання/вибирання гнучкого поздовжнього тіла встановлює його оптимальну довжину  $L_{opt}$ . За допомогою гальма довжина РО  $L_{opt}$  фіксується незмінною для хвилі, що впливає, з поточними її параметрами, що дає змогу максимально ефективно перетворювати енергію хвилі при зміні їх довжин у широких межах.

За допомогою механізму регулювання довжини РО при зміні довжини хвилі крок між його витками стає рівним поточній довжині хвилі, а його радіус при цьому залишається незмінним, що забезпечує максимальну механічну потужність РО. Таким чином, ННР забезпечує підвищення енергетичної ефективності у широкому діапазоні зміни довжин хвиль  $a_{max} > a > a_{min}$ , оскільки при зменшенні довжин хвиль, що впливають, такий пристрій не знижує крутний момент і, відповідно, не знижує механічну потужність на валу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии: Учебник. / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 432 с.
2. Овсянкін В.В. Пристрій для перетворення енергії хвиль водної поверхні. Деклараційний патент України №56481. МКИ<sup>7</sup> F03B13/12. Бюл. №5, 2003 р.
3. Блінцов В.С., Гертов С.П. Склад та концепція керування хвильовою електростанцією в умовах невизначеності характеристик морського середовища. // «Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів»++: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2007. – С. 270-274.
4. Блінцов В.С., Нгуен Тхань Хай. Структура та принципи функціонування «інтелектуальної» системи автоматичного керування хвильовою електростанцією. // «Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів»: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2010. – С. 36-38.
5. Блінцов В.С., Краснов В.В. К вопросу о последовательной работе синхронных генераторов: «Известия высших учебных заведений. Энергетика», 1972. – С. 9-15.
6. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 143 с.