

НОВІ АЛГОРИТМИ ЛОГІКО-ДИНАМІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ ЗНАЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Миргород В.Ф.¹, Гвоздева І.М.², Грама Г.П.³.

¹Національний університет “Одеська морська академія”, д.т.н, доцент. Україна

²Національний університет “Одеська морська академія”, д.т.н., професор. Україна

³Національний університет “Одеська морська академія”, к.п.н, доцент. Україна

Анотація. Пропонується підхід щодо побудови нових принципів управління складними багатовимірними енергетичними об’єктами, вихідні контрольовані та регульовані змінні яких мають різноманітну фізичну природу. Встановлено, що традиційні методи багатозв’язаного регулювання відповідними автоматичними системами при незначній множині регулюючих впливів мають суттєві недоліки та обмеження. Узагальнено опис вказаного типу систем та запропоновані нові принципи логіко – динамічного керування такими об’єктами. Пропонований підхід ілюстрований на прикладі складного енергетичного об’єкту у вигляді вітроенергетичної установки великої потужності турбогенераторного типу. Сутність пропонованого підходу складає формування логіко – динамічного управління багатовимірним об’єктом обмеженою множиною керуючих впливів шляхом відбору найбільш важливих та небезпечних чинників, що впливають на його стан та рух у просторі змінних стану. Встановлено за допомогою комп’ютерного експерименту, що при використанні пропонованих законів керування, у порівнянні з традиційними, має місце покращення техніко - економічних характеристик та спрощення алгоритмічного забезпечення.

Ключові слова. математичне моделювання, системи управління багатовимірними об’єктами, автоматичне керування, вітроенергетична установка, комп’ютерний експеримент

Постановка проблеми. Питання використання відновлюваних джерел енергії є актуальною та важливою для промислового комплексу України. Поряд з використанням відносно малопотужних вітроенергетичних установок (ВЕУ) для загальних потреб, важливе значення має побудова та використання економічних агрегатів великої одиничної потужності промислового значення. Такі ВЕУ розроблені і побудовані в Україні ПКТБ «Конкорд» (м. Дніпро), зокрема ВЕУ турбогенераторного типу потужністю 0,75 МВт та спроектована ВЕУ потужністю більше ніж 1 МВт. Комплекс інформаційно-вимірювальних та

управляючих систем для вказаної ВЕУ створений в АТ «Елемент» (м. Одеса). Новий тип енергетичних об'єктів потребує розробки відповідних математичних моделей зміни стану, методів та алгоритмів керованої зміни стану за відповідних умов функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрахунок основних параметрів ВЕУ та усталених режимів її функціонування базується на відомих співвідношеннях перетворення енергії вітрового потоку в механічну енергію обертів вітроколеса. Особливість ВЕУ турбогенераторного типу складається в розміщенні турбогенераторів безпосередньо на лопатях вітроколеса майже перпендикулярно вітрового потоку, що створюється вітроколесом великого діаметру. Таке рішення забезпечує значний та стабільний вітровий напір, за умови підтримання стабільних обертів вітроколеса. Стабільність таких обертів забезпечує система зміни кута повороту лопатей вітроколеса. Техніко-економічне обґрунтування турбогенераторної ВЕУ наведено в [1], і воно ґрунтується на розгляді рівнянь балансу потужності. Динамічні режими вказаного складного енергетичного об'єкту детально розглянуті в роботах авторів [2, 6] на основі побудови математичних моделей обертового руху складових ВЕУ з урахуванням характеристик швидкохідності вітроколеса та гвинтів турбогенераторів. Загальні принципи побудови ВЕУ представлені в роботах [3,4,5]. Проблемним питанням є обґрунтування алгоритмів управління ВЕУ, що забезпечують ефективне та безпечне її функціонування в умовах непередбачуваного збурення у вигляді змінної швидкості вітру.

Мета роботи полягає у розробці та обґрунтуванні нових алгоритмів керування рухом ВЕУ вказаного типу на основі принципів логіко – динамічного управління.

Викладення основного матеріалу дослідження.

Математичний опис руху ВЕУ турбогенераторного типу.

Відповідно [2] рівняння динаміки ВЕУ турбогенераторного типу мають наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = \frac{\pi}{2} \rho(T_H, P_H) [C_{n1}(\omega_1 R_1 / V_0, \delta)] \times \\ \times R_1^2 V_0^3 / \omega_1 - \frac{3\pi}{2} \rho(T_H, P_H) [C_{t2}(\omega_2 R_{20} / V_2)] \times \\ \times R_{20}^2 R_2 V_2^2 \cos \alpha - M_{C1}(\omega_1, T_H), \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{\pi}{2} \rho(T_H, P_H) [C_{n2}(\omega_2 R_{20} / V_2)] \times \\ \times R_{20}^2 V_2^3 / \omega_2 - M_H(S, I) - M_{C2}(\omega_2, T_H), \end{array} \right. \quad (1)$$

де R_1 – радіус вітроколеса (ВК), R_{20} – радіус гвинтів турбомашин, R_2 – радіус точки встановлення турбомашин на лопаті ВК, $\rho(T_H, P_H)$ – щільність повітря, що залежить від температури T_H та атмосферного тиску P_H , V_0 – середня швидкість середня швидкість вітрового потоку, V_2 – швидкість вітрового потоку на гвинтах турбомашин, α – кут встановлення турбомашин, J_1 – момент інерції вітроколеса, z_1 – швидкохідність вітроколеса, $z_1 = \omega_1 R_1 / V_0$, z_2 – швидкохідність гвинтів турбомашин, $z_2 = \omega_2 R_{20} / V_2$, $C_{n1}(z_1, \delta)$ – розрахункові характеристики коефіцієнту потужності вітроколеса, $C_{n2}(z_2)$ – розрахункові характеристики коефіцієнту потужності гвинтів турбомашин; $C_{t2}(z_2)$ – розрахункові характеристики коефіцієнту вісевої сили гвинтів турбомашин; M_H – момент навантаження, зокрема генераторний момент, що залежить від струму навантаження I , M_{C1} – момент супротиву, δ – кут повороту лопатей вітроколеса.

Проблемні питання управління рухом ВЕУ турбогенераторного типу.

За математичним описом ВЕУ як об'єкту управління може бути безпосередньо встановлено, що вихідними регульованими координатами є безпосередньо кутова швидкість обертання вітроколеса та можлива отримана потужність, яка є змінною за причиною зміни швидкості вітру. Стабілізація кутової швидкості обертання вітроколеса забезпечує стабільний і значний повітряний потік на гвинти турбомашин, що дає змогу мати їх постійні оберти необхідної величини і, тим самим, можливість безпосереднього підключення генераторів турбомашин в промислову мережу «нескінченної» потужності. Таке рішення значно спрощує електроенергетичну частину ВЕУ і надає суттєвий техніко – економічний ефект. Власне сутність конструктивного

рішення ВЕУ турбогенераторного типу спрямована на саме досягнення вказаних техніко – економічних переваг.

Але, за пропонованим рішенням, виникають проблемні питання стабілізації, регулювання та обмеження вихідних змінних такого складного енергетичного об'єкту. Найбільш важливим є питання регулювання та обмеження вихідних змінних за допомогою тільки одного регулюючого впливу, а саме – кута повороту лопатей вітроколеса.

По – перше, регулювання кутової швидкості вітроколеса:

По – друге, регулювання (обмеження) потужності:

По – третє, обмеження динамічних моментів навантаження:

Додатковим, і ще дискусійним питанням є встановлення запасів аеродинамічної стійкості ВЕУ та управління за заздалегідь визначеними такими запасами.

Відомі пропоновані рішення багатовимірного керування засновані на сучасній теорії управління та засновані на зваженому об'єднанні похибок регулювання в один керуючий вплив. Зважене об'єднання похибок регулювання потребує нормування відносно максимального значення збурень, яке, заздалегідь не може бути відомим. Крім того, слід зазначити, що інтегральна складова в оптимальних регуляторах не може бути теоретично обґрунтованою.

Робочі характеристики ВЕУ ТГ – 750 представлені на Рис. 1.

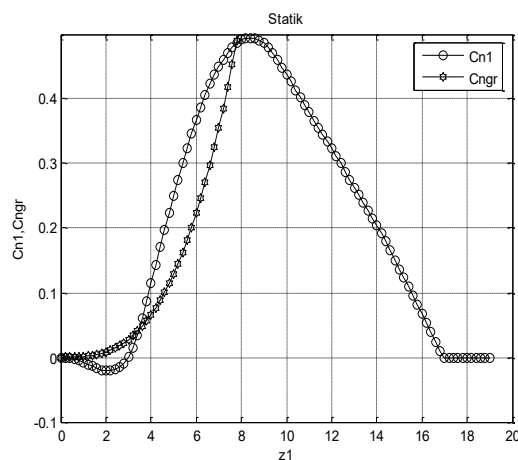


Рисунок - 1. Характеристики ВЕУ турбогенераторного типу

Пропоновані рішення управління рухом ВЕУ турбогенераторного типу.

Пропоновані рішення управління рухом ВЕУ турбогенераторного типу засновані на вимогах забезпечення ефективної експлуатації та безпеки функціонування.

Регулювання кутової швидкості вітроколеса

Стабілізація швидкості обертів вітроколеса при змінному вітровому потоку не забезпечує максимальне значення наявної потужності, що може бути отримано зміною кута повороту лопатей. Крім того, робота на лінії оптимального кута повороту лопаті забезпечує кращу динаміку розгону вітроколеса, що може знизити порогове значення швидкості вітру

Таким чином, пропонований логіко – динамічний алгоритм управління обертами вітроколеса може бути запропонований в наступному вигляді (рис. 1.):

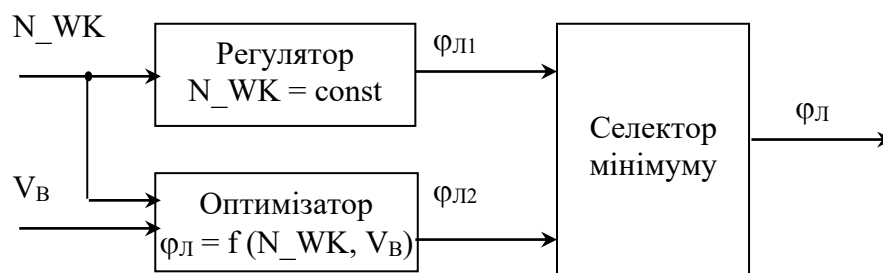


Рисунок 1 - Структурна схема керуючого пристрою.

На рисунку позначені: N_{WK} – значення обертів вітроколеса; V_B - швидкість вітру, що вимірюється власною метеостанцією; кут повороту лопатей вітроколеса ϕ_L .

Захист від перенавантаження крутного моменту

На лопаті вітроколеса діють декілька моментів. у тому числі зустрічно направлений крутний момент та момент супротиву повітря. Вказані моменти залежать від кутового положення лопатей. Тому є необхідним уведення в систему керування ВЕУ алгоритмів обмеження моментів, що діють на лопаті, за допомогою обмежень кута повороту лопатей.

Обмеження моменту при скиді навантаження або зупинці може бути запропонований у вигляді наступного логіко - динамічного алгоритму (рис. 2).

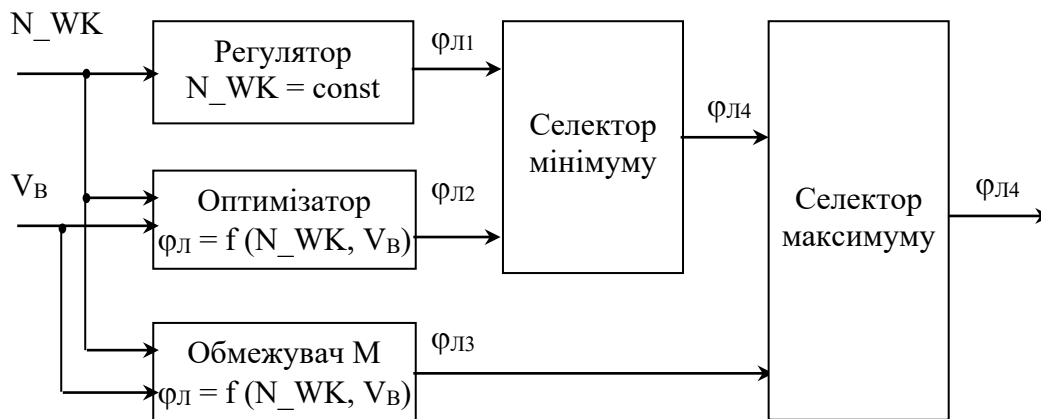


Рисунок - 2 Структурна схема керуючого пристрою з обмеженням моменту

Результати моделювання

Результати моделювання динаміки ВЕУ в різних режимах за пропонуваними алгоритмами керування представлені на Рис.3

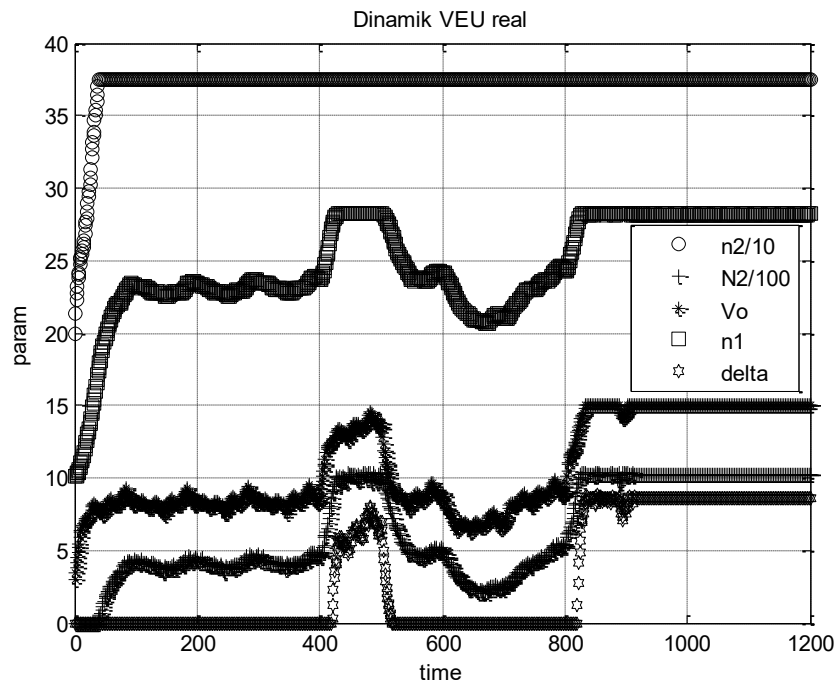


Рисунок - 3 Зіна параметрів ВЕУ в режимі роботи паралельно з мережею для реального вітрового потоку та обмежувача потужності.

На рисунку позначені: n1 – оберти вітроколеса; n2 – оберти вітротурбін;
 N2 - споживана потужність; V0 – швидкість вітру; delta – кут повороту лопатей вітроколеса.

Висновки

Обґрунтовано підхід щодо побудови нових принципів управління складними багатовимірними енергетичними об'єктами, вихідні контрольовані та регульовані змінні яких мають різноманітну фізичну природу. Встановлено, що традиційні методи багатозв'язаного регулювання відповідними

автоматичними системами при незначній множині регулюючих впливів мають суттєві недоліки та обмеження. Узагальнено опис вказаного типу систем та запропоновані нові принципи логіко – динамічного керування такими об'єктами. Пропонований підхід ілюстрований на прикладі складного енергетичного об'єкту у вигляді вітроенергетичної установки великої потужності турбогенераторного типу. Сутність пропонованого підходу складає формування логіко – динамічного управління багатовимірним об'єктом обмеженою множиною керуючих впливів шляхом відбору найбільш важливих та небезпечних чинників, що впливають на його стан та рух у просторі змінних стану.

Встановлено за допомогою комп'ютерного експерименту, що при використанні пропонованих законів керування, у порівнянні з традиційними, має місце покращення техніко - економічних характеристик та спрощення алгоритмічного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCE

1. Golubenko N.S., Aerodynamic features of multiplierless turbogenerator circuit of the high-powered wind-driven powerplant // Materials of IV international conference “Nontraditional energetics in XXI century”. – Crimea, Gurzuf, 2003. – P. 125–132. [in Russian]
2. Mirgorod V.F., Ranchenko G.S, Golubenko N.S. Modelling the dynamic modes of high-powered wind-driven powerplant // Air-space technique and technology. – 4(30). – 2006. – P. 96–99. [in Russian]
3. Tsvadlovskiy I.N., Weir A.D. Renewable energy resources. – M.: Energoatomizdat, 1990. – 392 p. [in Russian]
4. Shefter Ya.I. Using of wind energy. – M.: Energoatomizdat, 1983. – 200 p. [in Russian]
5. Johnson G. Wind Energy System. – N.Y: Prentice Hall, 1985. – 421 p. [in English]
6. Gvozdeva I.M. Preobrazovanie matematicheskoi modeli dinamiki vetroenergeticheskoi ustanovki k normirovanoi forme / Gvozdeva I.M. , Mirgorod V.F., Dereng Ye.V., Polishchuk P.I., Glazeva O.V. // «Elektromekhanichni i yenergozberegayuchi sistemi” – 3/2012(19) – 2012. – S.456-458.

**NEW ALGORITHMS FOR LOGIC-DYNAMIC CONTROL OF A HIGH-CAPACITY
WIND POWER PLANT**

Volodymyr Myrhorod, Iryna Hvozdeva, Gennadiy Grama

Abstract. *An approach is proposed to generate new principles for managing complex, rich energy objects, output control and regulation of changes that may have a different physical nature. It has been established that traditional methods of richly connected regulation of automatic systems with an insignificant number of regulatory inputs may result in significant shortcomings and limitations. The description of the specified type of system has been specified and new principles of logical and dynamic management of such objects have been established. Proposition of the approach and illustrations on the example of a collapsible energy object in the form of a high-pressure turbine-generator-type wind power plant. The essence of the proposed approach is the formation of a logical - dynamic management of a richly-worldly object surrounded by a multitude of influxes in the selection of the most important and unsafe officials who will be involved in Yogo stan ta rukh I will stan in the expanse of change.*

It was established with the help of a computer experiment that with the different implementation of the laws of keratinization, compared with traditional ones, there may be an improvement in technical and economic characteristics and a simplification of algorithmic security.

Keywords: *mathematical modeling, control systems for large-scale objects, automatic heating, wind power installation, computer experiment*