

УДК 621.548

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЗАРЯДЖЕННЯ ЄМНІСНОГО НАКОПИЧУВАЧА ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОГО ПРИВОДА НАСОСУ АВТОНОМНОЇ ВІТРОЕЛЕКТРО-УСТАНОВКИ

В.М. Головко, докт. техн. наук, проф., **В.П. Коханевич**, канд. техн. наук, **М.О. Шихайлов**, **А.М. Донець**, канд. техн. наук, **І.Ю. Перькова**, інженер

Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
02094, вул. Гната Хоткевича, 20А, м. Київ, Україна,

Ємнісні накопичувачі, як необхідний складовий елемент, знаходять широке застосування в різноманітних електротехнічних установках і системах. Аналіз відомих підходів збільшення ККД зарядного кола показав, що вони пов'язані з певними труднощами. Наприклад, зарядні пристрої із джерелами, регульованими за певним законом напруги, є складними і їхнє застосування може бути виправдано лише у виняткових випадках. Крім перетворювача, що узгоджує джерело енергії та ємнісний накопичувач, потрібні додаткові реактивні елементи, що запасують енергію і підтримують на одному рівні вхідну і вихідну потужності протягом процесу зарядження. Ця вимога грає істотну роль у випадку застосування джерела обмеженої потужності. У більшості випадків енергетичні процеси заряду конденсатора аналізувались при нульових початкових умовах.

Максимальний ККД може бути досягнутий при незмінній формі вхідного та вихідного струму. Для досягнення максимального ККД перетворювача ємнісний накопичувач в початковий відрізок часу повинен запасати енергію, щоб в кінці заряду віддати запасену енергію для підтримання струму зарядження.

Вітроустановка працює при стохастичних умовах зміни рівня швидкості вітру, що спричиняє до відповідних показників на клемі зарядного пристрою. Оцінка необхідної кількості енергії для зарядження ємнісного накопичувача ускладнюється.

Метою роботи становила задача визначити час зарядження ємнісного накопичувача електродинамічного привода насоса автономної вітроелектричної установки до заданих технологічних меж за допомогою імітаційного моделювання при стохастичних умовах зміни рівня швидкості вітру. При зміні значень математичного сподівання швидкості вітру в межах 4...5,2 м/с час зарядження ємнісного накопичувача при технологічній межі напруги 100 В складає відповідно 12,5...7 с. Бібл. 10, рис. 10.

Ключові слова: вітроелектроустановка, ємнісний накопичувач, імітаційне моделювання, електродинамічний привод, стохастичні умови зміни рівня швидкості вітру

IMMEDIATIVE MODEL OF THE CHARGING PROCESS OF THE EMCSENTIAL AC-CUMULATOR OF THE ELECTRODYNAMIC DRIVER PUMP IN ALONE STATE WINDTURBINE

V.M. Golovko, doctor of technical sciences, professor, **V.P. Kohanevich**, candidate of technical sciences, **M.O. Shikhailov**, **A.M. Donets**, candidate of technical sciences, **I.Yu. Perkova**, engineer

Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine,
02094, 20A, Hnat Khotkevich Str., Kyiv, Ukraine

Capacitive drives, as a necessary component, are widely used in a variety of electrical installations and systems. The analysis of known approaches to increasing the efficiency of the charging circuit has shown that they are associated with certain difficulties. For example, chargers with sources regulated under a certain voltage law are complex and their application can only be justified in exceptional cases. In addition to the converging power source and the capacitive drive additional reactive elements are required that store energy and maintain the input and output levels at the same level during the charging process. This requirement plays a significant role in the case of the use of a source of limited power. In most cases, the energy processes of the charge of the capacitor were analyzed at zero initial conditions.

The maximum efficiency can be achieved with a constant input and output current. To achieve the maximum efficiency of the converter in the initial period of time should store energy to end the charge to give stored energy to maintain the charge current.

The wind turbine works under stochastic conditions of changing the level of wind speed, which leads to the corresponding indicators on the charger terminals. Estimation of the required amount of energy for charging a capacitive drive for the above-mentioned dependence is complicated.

The purpose of the work was to determine the time of charging the capacitive drive of the electrodynamic actuator of the pump of the autonomous wind power plant to the given technological limits by means of simulation modeling under stochastic conditions of changing the level of wind speed. When changing the values of the mathematical expectation of wind speed in the range of 4...5,2 m/s, when charging a capacitive drive, at the technological limit of voltage 100 V, is, respectively, 12.5 ... 7s. Ref. 10, fig. 10.

Keywords: wind turbine, capacitive drive, simulation, electrodynamic drive, stochastic conditions for changing the wind speed

© В.М.Головко, В.П. Коханевич, М.О. Шихайлов, А.М. Донець, І.Ю. Перькова, 2019



V.M. Holovko
V. Holovko

Відомості про автора: провідний науковий співробітник Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: закінчив 1977 р. Українську сільськогосподарську академію за спеціальністю «Електрифікація сільського господарства».

Наукова сфера: відновлювані джерела енергії, вітроенергетика, вітроустановки малої потужності, автономні системи енергозабезпечення.

Публікації: 157

ORCID: 0000-0003-0195-9654

Контакти: тел./факс: +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: chief researcher at Institute of Renewable Energy, National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: graduated from the Ukrainian Agricultural Academy in 1977 with the degree of "Electrification of Agriculture".

Research area: renewable sources of energy, wind power systems, small capacity wind units, autonomous power systems.

Publications: 157

ORCID: 0000-0003-0195-9654

Contacts: тел./факс: +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



V.P. Kokhanivych
V. Kokhanivych

Відомості про автора: старший науковий співробітник Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: закінчив 1979 р. Київський політехнічний інститут за спеціальністю «Технологія машинобудування, металорізучі верстати та інструменти».

Наукова сфера: вітроенергетика, вітроустановки малої потужності, системи регулювання та захисту.

Публікації: 129

ORCID: 0000-0003-0033-1355

Контакти: тел./факс: +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: senior researcher at Institute of Renewable Energy, National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: graduated from the Kyiv Polytechnic Institute in 1979 with the specialization "Technology of Machine-Building, Metal Cutting Machines and Tools".

Research area: power systems, converting types of energy, automation and modeling processes. wind power systems, small capacity wind units, control systems and protect.

Publications: 129

ORCID: 0000-0003-0033-1355

Contacts: тел./факс: +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



M.O. Shykhailov
M. Shykhailov

Відомості про автора: науковий співробітник Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: закінчив 1979 р. Київський політехнічний інститут за спеціальністю «Гідропневмоавтоматика та гідропривод».

Наукова сфера: вітроенергетика, вітроустановки малої потужності, системи управління.

Публікації: 200

ORCID: 0000-0003-1845-9904

Контакти: тел./факс: +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: researcher at Institute of Renewable Energy, National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: graduated from the Kyiv Polytechnic Institute in 1979 with the specialty "Hydropneumatic and Hydraulic Drive".

Research area: wind power systems, small capacity wind units, control systems.

Publications: 200

ORCID: 0000-0003-1845-9904

Contacts: тел./факс: +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



A.M. Donets
A. Donets

Відомості про автора: науковий співробітник Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: магістр енергетики НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», факультет електроенерготехніки та автоматики, спеціальність: «відновлювані джерела енергії»

Наукова сфера: енергетичні системи, перетворення видів енергії, автоматизація і моделювання процесів.

Публікації: 10

ORCID: 0000-0003-4486-5666

Контакти: тел./факс +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: Researcher at Institute of Renewable Energy, National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: Master of Science, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Faculty of Electric Power Engineering and Automation, Department of Renewable Sources of Energy.

Research area: power systems, converting types of energy, automation and modeling processes.

Publications: 10

ORCID: 0000-0003-4486-5666

Contacts: тел./факс +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



I. Iu. Perykova
I. Percova

Відомості про автора: інженер Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: магістр енергетики НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», факультет електроенерготехніки та автоматики, спеціальність: «Відновлювані джерела енергії»

Наукова сфера: вітроенергетика, вітроустановки малої потужності, системи управління.

Публікації: 6.

ORCID: 0000-0002-9070-1593

Контакти: тел./факс +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: Engineer at Institute of Renewable Energy, National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: Master of Science, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Faculty of Electric Power Engineering and Automation, Department of Renewable Sources of Energy.

Research area: Wind power, wind power plants of low power, management system.

Publications: 6.

ORCID: 0000-0002-9070-1593

Contacts: тел./факс +38-044-206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Перелік використаних позначень та скорочень:

ЄН – ємнісний накопичувач;

ВЕУ – вітроелектрична установка;

i – струм джерела живлення;

u_c – напруга конденсатора ємнісного накопичувача;

C – ємність конденсаторів;

R_3 – опір ланцюга зарядження;

R_g – опір еквівалентного ланцюга, що враховує струми витікання;

t_3 – час зарядження.

Вступ. Ємнісні накопичувачі, як необхідний складовий елемент, знаходять широке застосування в різноманітних електротехнічних установках і системах. Дослідженню та аналізу енергетичних характеристик в зарядних і розрядних колах конденсаторів при повному їх розряді на навантаження присвячено ряд робіт вчених Інституту електродинаміки НАН України. Аналіз відомих підходів збільшення ККД зарядного кола показав, що вони пов'язані з певними труднощами. Наприклад, зарядні пристрої із джерелами, регульованими за певним законом напруги, є складними і їхнє застосування може бути виправдано лише у виняткових випадках. У більшості випадків енергетичні процеси заряду конденсатора аналізувались при нульових початкових умовах [1].

Система зарядження ємнісного накопичувача (ЄН) повинна здійснювати зарядження з найвищим ККД. В [2, 3] визначено, при якому режимі ефективність буде максимальна. Максимальний ККД може бути досягнутий при незмінній формі вхідного та вихідного струму. Для досягнення максимального ККД перетворювача в початковий відрізок часу ЄН повинен запасати енергію, щоб в кінці заряду віддати запасену енергію. Тоді, крім перетворювача, що узгоджує джерело енергії та ЄН, потрібні додаткові реактивні елементи, що запасують енергію і підтримують на одному рівні вхідну і вихідну потужності протягом процесу зарядження. Ця вимога грає істотну роль у випадку застосування джерела обмеженої потужності [4-6]. При цьому, в основному, розглядалися процеси зарядження при сталих параметрах джерела енергії. Тоді кількість енергії, що споживається за час зарядного процесу ємнісним накопичувачем, складає [7]:

$$W_e = \int_0^{t_3} \left(R_3 i^2 + \frac{u_c^2}{R_g} \right) dt + \int_0^{t_3} C u_c u_c' dt$$

де i та u_c – струм джерела живлення і напруга конденсаторів C накопичувача; R_3 , R_g – опори ланцюгів зарядження та еквівалентного, що враховує втрати потужності від струму витікання i_g і на поляризацію діелектрика конденсаторів C , t_3 – час зарядження.

Перший інтеграл являє собою енергію втрат W_{em} у зарядному контурі, другий – енергію, накопичену в конденсаторах C за час зарядження t_3 . Підінтегральна функція другого інтегралу є похідною у часі від цієї енергії.

Вітроустановка працює при стохастичних умовах зміни рівня швидкості вітру, що спричиняє до відповідних показників на клеммах зарядного пристрою. Оцінка необхідної кількості енергії для зарядження ємнісного накопичувача за вище вказаною залежністю ускладнюється [8]. Крім того, будь-яка автономна установка завжди обмежена енергоресурсами, що вимагає енергозбережно підходити до вирішення власних технологічних операцій.

Постановка задачі. Визначити час зарядження ємнісного накопичувача електродинамічного привода насоса автономної вітроелектричної установки до заданих технологічних меж за допомогою імітаційного моделювання при стохастичних умовах зміни рівня швидкості вітру.

Методи дослідження. Для дослідження режиму зарядження ємнісного накопичувача електро-динамічного привода насоса у складі автономної вітроелектричної установки, розрахунки проводились шляхом моделювання за допомогою програмного пакету Matlab/Simulink/SimPower Systems.

Результати дослідження. Загальна структура імітаційної моделі для дослідження процесу зарядження ЄН наведена на рис.1.

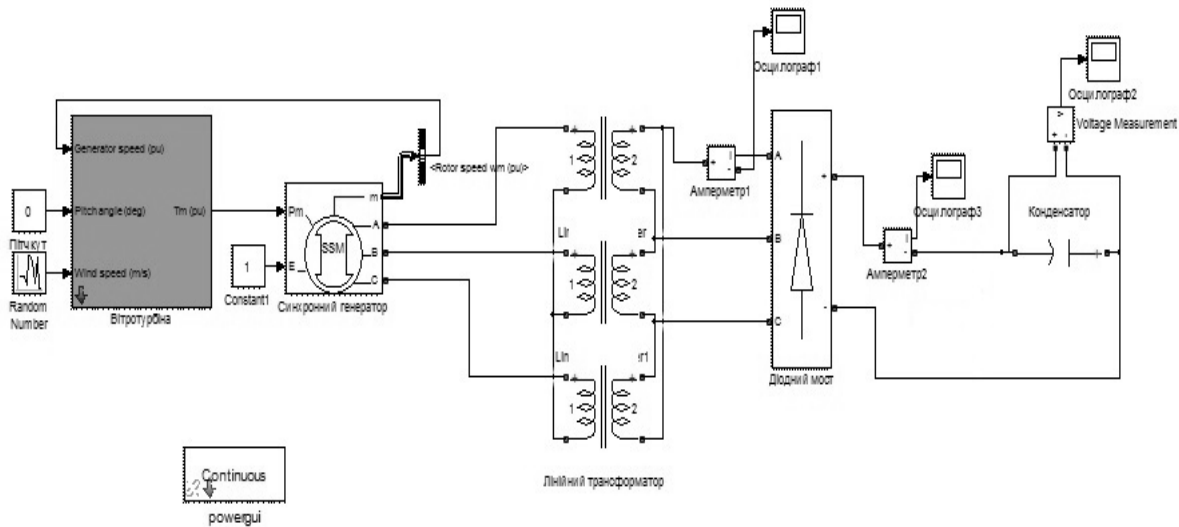


Рис.1. Імітаційна модель зарядження конденсатора від ВЕУ з синхронним генератором при змінному вітрі.

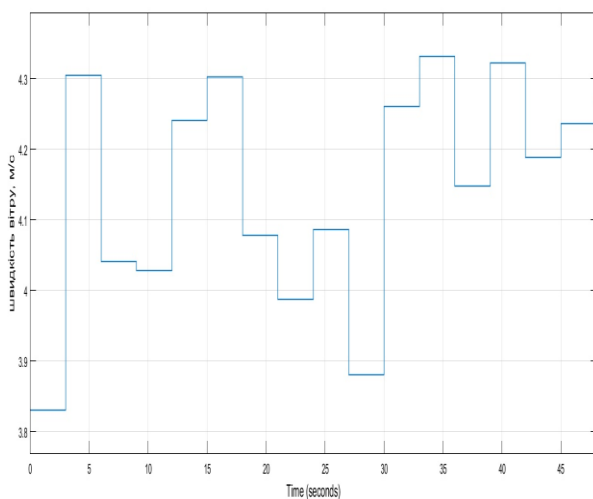
Fig.1. Simulation model for charging a capacitor from wind turbine with a synchronous generator with variable wind.

Як джерело електричної енергії прийнята вітроустановка з синхронним генератором (лінійна напруга -380 В, потужність – 100 ВА, частота – 50 Гц). Механічний момент на вал генератора надходить від блоку «вітрова турбіна». Номінальне значення швидкості вітру – 8 м/с. Швидкість зрушення – 3,8 м/с. Схема має у своєму складі діодний міст. Сигнал на міст приходить від лінійного трансформатора з коефіцієнтом трансформації, що дорівнює 1 (призначений для згладжування стрибків напруги). На виході до моста приєднаний конденсатор

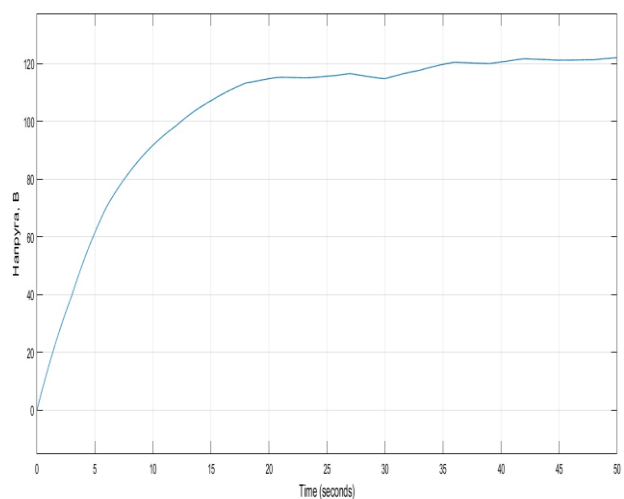
$C=0,015\text{Ф}$, що і виконує функцію ЄН. Для фіксації та візуалізації електроенергетичних параметрів в моделі присутні також амперметри, вольтметри та осцилографи. Для моделювання стохастичних параметрів надходження вітру, введений блок випадкових сигналів, що дозволяє змоделювати хід швидкості вітру із заданими показниками математичного сподівання його величини.

Розглянемо отримані результати.

1. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,0.



а)



б)

Рис.2. Зміна швидкості вітру від 4 до 8м/с з математичним сподіванням в точці 4,0 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).

Fig.2 Changing of the wind speed from 4 to 8m/s with a math expectation at 4.0 (a) and changing the voltage at the condenser at this wind (b).

2. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,2.

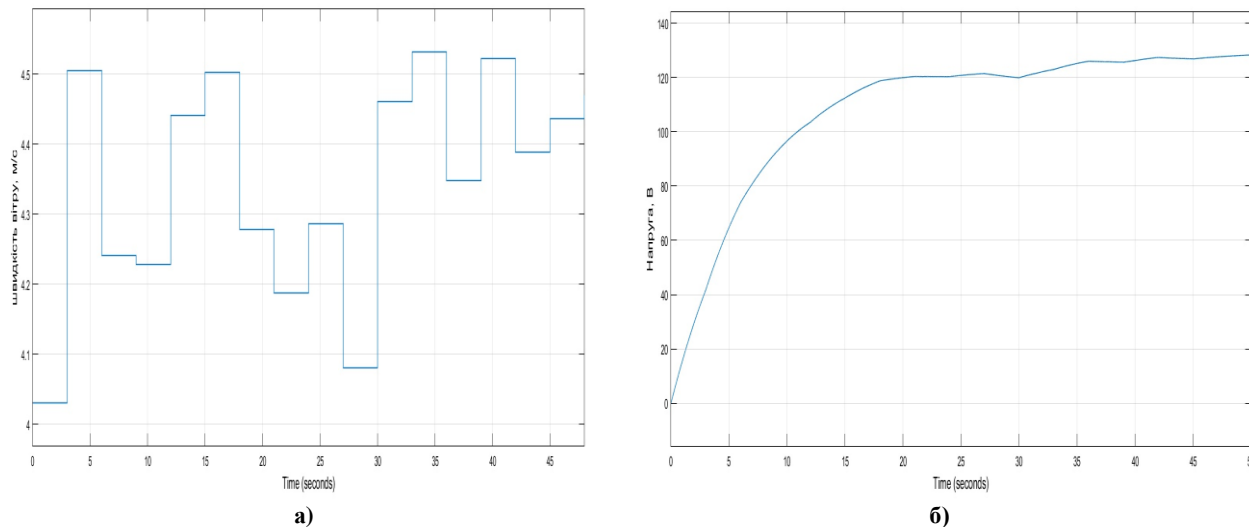


Рис.3. Зміна швидкості вітру від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,2 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).

Fig.3. Changing of the wind speed from 4 to 8 m/s with mathematical expectations at 4,2 (a) and changing the voltage on the condenser at this wind (b).

3. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,4.

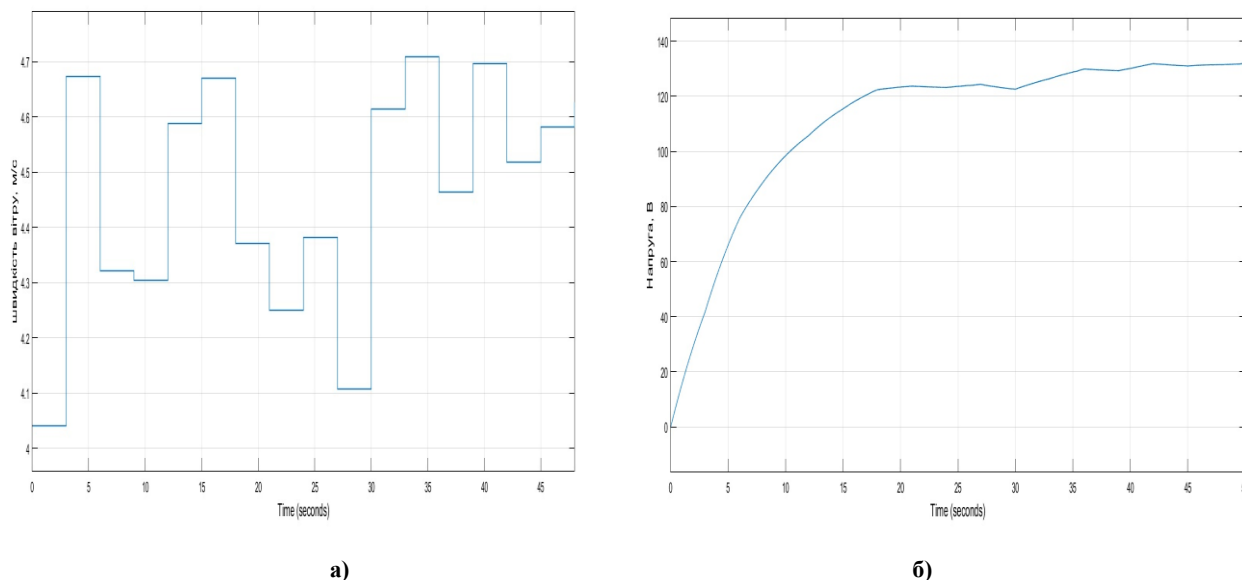
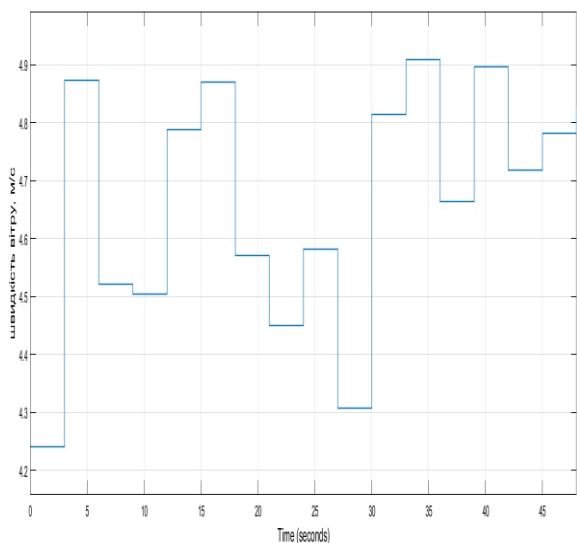


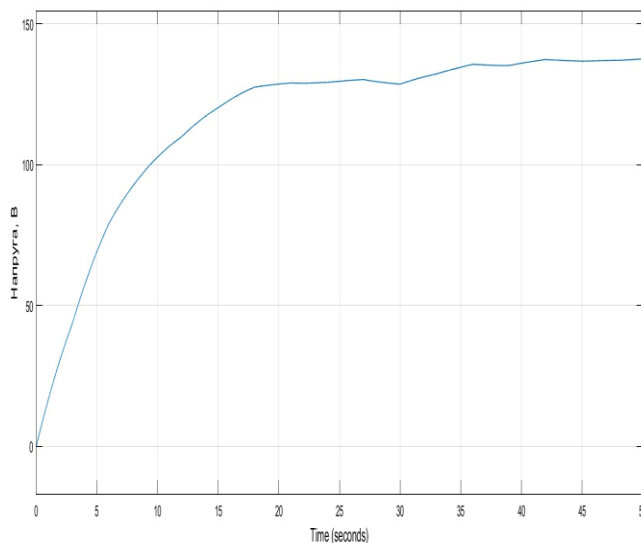
Рис.4. Зміна швидкості вітру від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,4 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).

Fig.4. Changing of the wind speed from 4 to 8 m/s with mathematical expectations at 4,4 (a) and changing the voltage at the condenser at this wind (b).

4. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,6.



а)

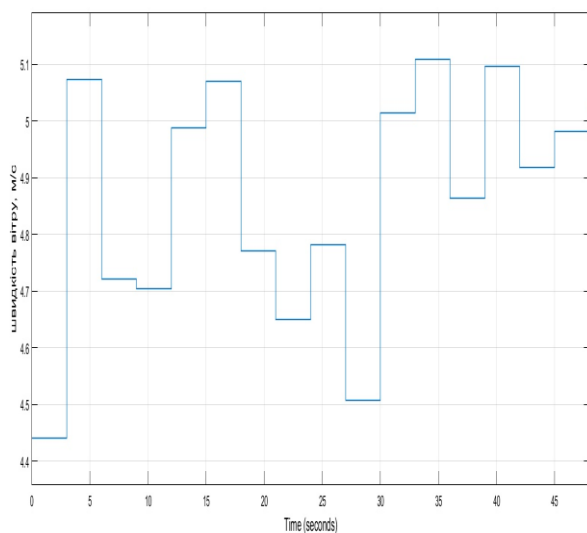


б)

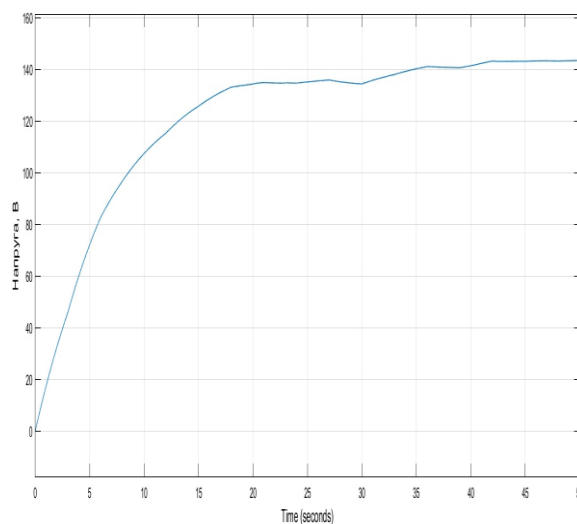
Рис.5. Зміна швидкості вітру від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,6 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).

Fig.5 Changing of the wind speed from 4 to 8 m/s with a mathematical expectation at 4,6 (a) and changing the voltage at the condenser at this wind (b).

5. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8м/с з математичним сподіванням в точці 4,8.



а)

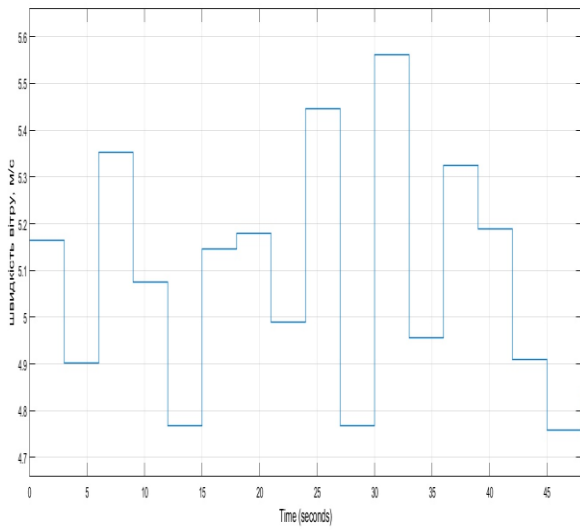


б)

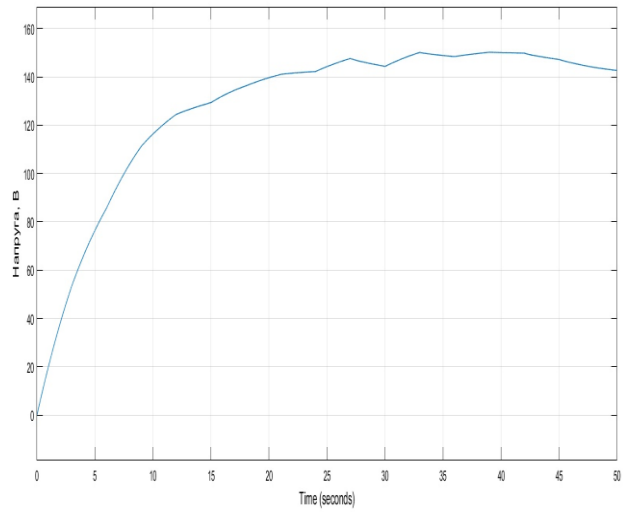
Рис.6.Зміна швидкості вітру від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 4,8 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).

Fig.6. Changing of the wind speed from 4 to 8 m / s with mathematical expectations at 4,8 (a) and changing the voltage at the condenser at this wind (b).

6. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 5,0.



а)

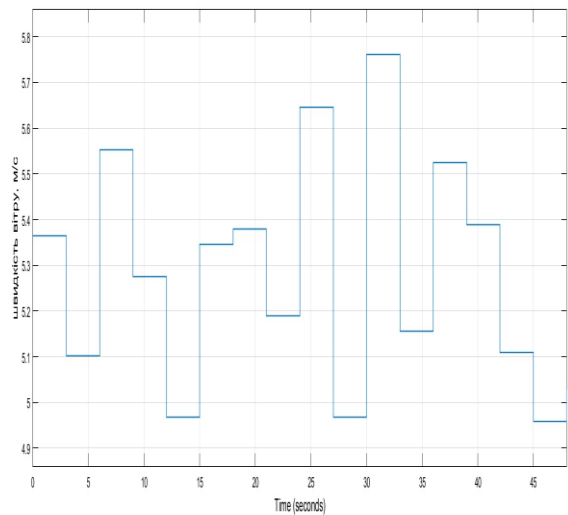


б)

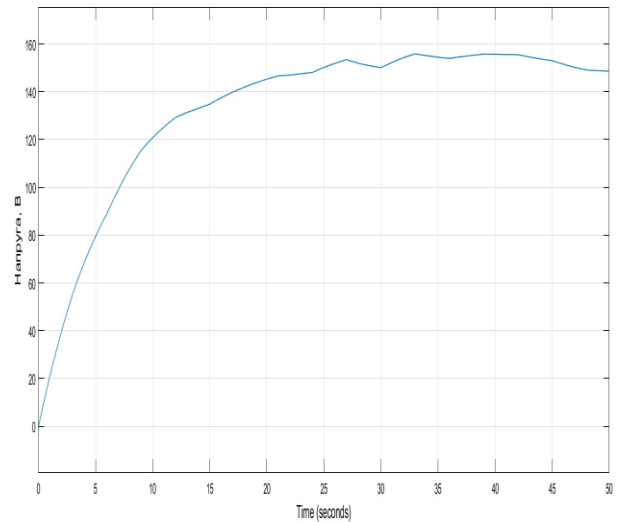
Рис.7. Зміна швидкості вітру від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 5,0 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).

Fig.7. Changing of the wind speed from 4 to 8 m / s with mathematical expectations at the point of 5,0 (a) and changing the voltage at the condenser at this wind (b).

7. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 5.2.



а)



б)

Рис.8. Зміна швидкості вітру від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 5,2 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).

Fig.8 Changing of the wind speed from 4 to 8 m / s with a mathematical expectation at 5,2 (a) and changing the voltage on the condenser at this wind (b).

8. Швидкість зміни вітру відбувається за нормальним розподілом від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 8,0.

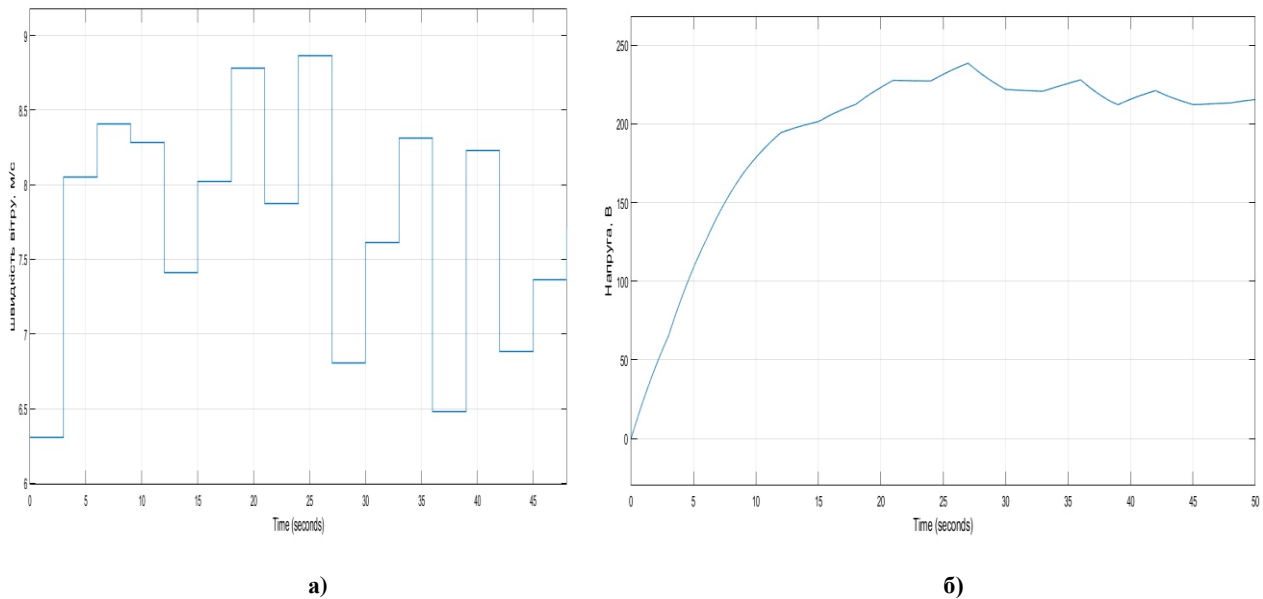


Рис.9. Зміна швидкості вітру від 4 до 8 м/с з математичним сподіванням в точці 8,0 (а) та зміна напруги на конденсаторі при даному вітрі (б).
Fig.9. Changing of the wind speed from 4 to 8 m/s with mathematical expectations at 8,0 (a) and changing the voltage on the condenser at this wind (b).

З графіків зміни напруги можна встановити час досягнення межі спрацювання ключів, що відповідають за початок розрядження ємнісного накопичувача. На рис.10 наведені графіки часу досягнення межі різних порогів спрацювання

електродинамічного привода насосу, робота якого описана в попередніх роботах авторів [9,10], в залежності від значень математичного сподівання швидкості вітру при його зміні в діапазоні від 4 до 8 м/с.

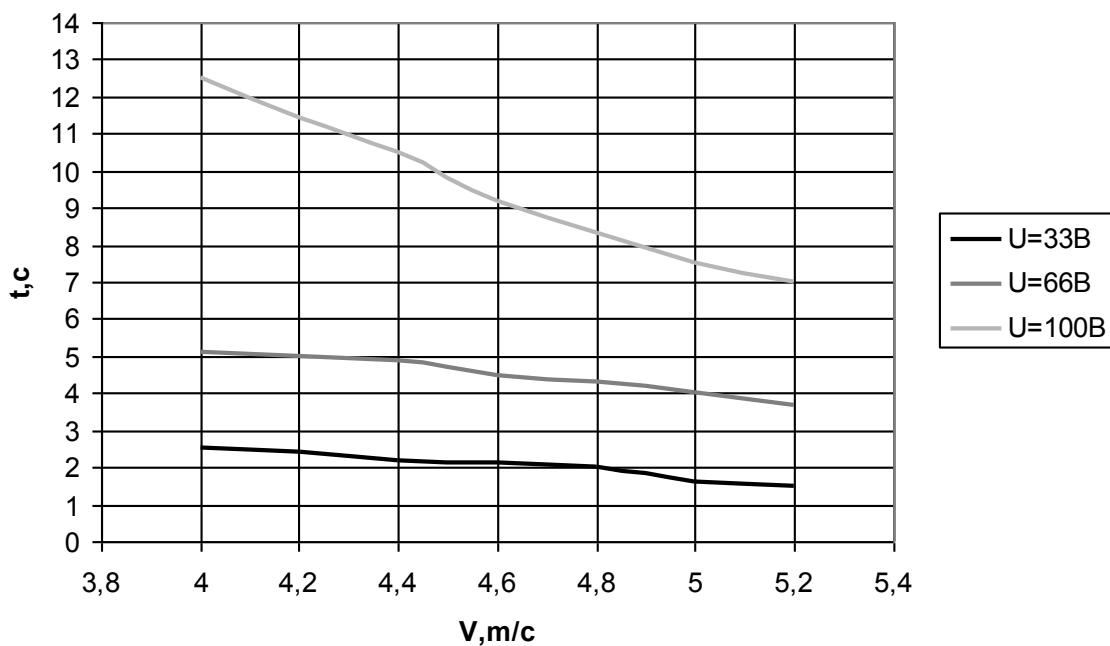


Рис.10. Залежності зміни часу досягнення межі різних порогів спрацювання електродинамічного привода насосу в залежності від значень математичного сподівання швидкості вітру

Fig.10. Dependences of change in the time of reaching the threshold of different thresholds for the operation of the electrodynamic drive of the pump, depending on the values of the mathematical expectations of the wind speed

Графіки мають прямолінійний характер зміни, що дає можливість передбачити значення спрацювання і при більш високих значеннях швидкості вітру.

Висновки. На базі імітаційного моделювання при випадковому характері зміни швидкості вітру проаналізовано процес зарядження ємкісного накопичувача в автономній ВЕУ з електродинамічним приводом насоса. При зміні значень математичного сподівання швидкості вітру в межах 4...5,2 м/с час зарядження ємкісного накопичувача при технологічній межі напруги 100 В складає відповідно 12,5...7 с.

1. *Супруновська Н.І.* Енергетичні процеси в колах заряду і розряду конденсаторів електроімпульсних установок. Автореф. дис. на здоб. ст. к.т.н. К.: 2009. 15 с.

2. *Хазієва Р.Т., Кириллов Р.В., Колесникова О.І.* Modeling of capacitive storage charge device based on multi function into grated electromagnetic component. Нефть и газ. 2015: сб. тр. 69-й Междунар. мол. науч. конф. РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. М. 2015. С. 388-393.

3. *Хазієва Р.Т., Кириллов Р.В., Путинцева А.А.* Моделирование системы заряда емкостного накопителя. Электропривод, электротехнологии и электрооборудование предприятий: сб. науч.тр. II Междунар. V Всерос. науч.-техн. конф. Уфа: изд-во УГНТУ. 2015. С. 170-177.

4. Разработка систем заряда емкостных накопителей энергии. *Вашкевич Е.* [и др.] Ч. 2. Силовая электроника. Электронный архив. 2009. №1. URL: http://www.power-e.ru/2009_1_34.php

5. *Хазієва Р.Т., Кириллов Р.В., Колесникова О.І.* Modeling of system charge of storage capacity or based on multi functioning grated electromagnatic component. Нефть и газ. 2015. сб. тез. 69-й Междунар. мол. науч. конф. РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. М., 2015. Т. 3. С. 378.

6. *Волков И.В., Милях А.Н.* Системы неизменного тока на основе индуктивно-емкостных преобразователей. Киев. Наукова думка. 1974. С. 9, 14-23.

7. *Пентегов И.В.* Основы теории зарядных цепей емкостных накопителей энергии. Киев. Наукова думка. 1982. 424с.

8. *Васько П.Ф., Вербовий А.П., Пазич С.Т.* Реалізація стохастичної моделі поздовжньої складової швидкості вітру для задач вітроенергетики. Відновлювана енергетика. 2017. №3. С. 54-61.

9. Вітроелектронасосна установка: Патент на корисну модель №65230. Україна. МПК F03D7/00,9/00/ Головки В.М., Коханевич В.П., Шихайлов М.О., Павлов В.Б., Павленко В.Є., Пєрькова І.Ю. №u201106729. Заявл. 30.05.11. Опубл. 25.11.11. Бюл. №22. 2011р.

10. *Головки В.М., Коханевич В.П., Шихайлов Н.А., Пєрькова І.Ю.* Ветронасосная установка с электродинамическим приводом. Альтер. енергет. и экология. 2015. №15-16. С.29-33

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЗАРЯДКИ ЕМКОСТНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРИВОДА НАСОСА АВТОНОМНОЙ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

В.М. Головки, докт. техн. наук, проф.,
В.П. Коханевич, канд. техн. наук, **М.О. Шихайлов**,
А.М. Донец, канд. техн. наук, **І.Ю. Пєрькова**, інженер

Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, 02094, г. Киев, ул. Гната Хоткевича, 20А

Емкостные накопители, как необходимый составной элемент, находят широкое применение в различных электротехнических установках и системах. Анализ известных подходов увеличения КПД зарядной цепи показал, что они связаны с определенными трудностями. Например, зарядные устройства с источниками, регулируемые по определенному закону напряжения, являются сложными и их применение может быть оправдано только в исключительных случаях. Кроме преобразователя, согласовывающего источник энергии и емкостной накопитель, нужны дополнительные реактивные элементы, которые запасают энергию и поддерживают на одном уровне входящую и исходящую мощность в течение процесса зарядки. Это требование играет существенную роль в случае применения источника ограниченной мощности. В большинстве случаев энергетические процессы заряда конденсатора анализировались при нулевых начальных условиях. Максимальный КПД может быть достигнут при неизменной форме входного и выходного тока. Для достижения максимального КПД преобразователя емкостной накопитель в начальный отрезок времени должен запасать энергию, чтобы в конце заряда отдать запасенную энергию. Ветроустановка работает при стохастических условиях изменения уровня скорости ветра, что вызывает соответствующие показатели на клеммах зарядного устройства. Оценка необходимого количества энергии для зарядки емкостного накопителя усложняется.

Целью работы является задача определить время зарядки емкостного накопителя электродинамического привода насоса автономной ветроэлектрической установки до заданных технологических пределов с помощью имитационного моделирования при стохастических условиях изменения уровня скорости ветра. При изменении значений скорости ветра с математическим ожиданием в пределах 4 ... 5,2 м/с время зарядки емкостного накопителя при технологическом уровне напряжения 100В составляет, соответственно, 12,5 ... 7с. Библ. 10, рис. 10.

Ключевые слова: ветроэлектроустановка, емкостной накопитель, имитационное моделирование, электродинамический привод, стохастических условиях изменения уровня скорости ветра

REFERENCES

1. *Suprunovskaya N.I.* Enerhetichni protsesy v lantsyuhakh zaryadu i rozryadu kondensatoriv elektroimpul'snykh ustanovok [Energy processes in charge and discharge circuits of capacitors of electropulse installations.]. Author's abstract dis. for obtaining the degree PhD. K. 2009. 15 p. [in Ukrainian].

2. *Khazieva R.T., Kyryllov R.V., Kolesnikova O.I.* Modeling of capacitive storage charge device based on multi function into grated electromagnetic component. Nafta i haz. 2015. Sb. tr. 69-y Mizhnarodnyy Mol. naukovyy konf. MDU Nafta i haz im. I. M. Hubkina. M. 2015. pp. 388-393. [in English].

3. *Khazieva R.T., Kyryllov R.V., Putyntseva A.A.* Modelyuvannya systemy zaryadu yemnisnoho pryvodu [Capacitive Charge System Simulation]. Elektropyvod, elektrotekhnika ta elektroobladnannya pidpnyemstv: Sb. naukovyy stupin. II Mizhnarodnyy V Vserosiys'ka naukovy-tekhnichnyy konf. (3-4 kvitnya). Ufa. vydannya UHNTU. 2015. pp. 170-177. [in Russian].

4. *Vashkevych E.H.* and others. Rozrobka zaryadnykh system dlya yemnisnykh nakopychuvachiv enerhiyi. [Development of charge systems for capacitive energy storage] Part 2. Sylova elektronika. 2009. No. 1. Retrived from http://www.power-e.ru/2009_1_34.php [in Russian].

5. *Khazieva R.T., Kyryllov R.V., Kolesnikova O.I.* Modeling of system charge of storage capacity or based on multi functioning grated electromagnatic component. Nafta i haz. 2015. Sb. dyser-

tatsiy 69-ho Mizhnarodnoho Movnoho naukovoho Konf. RNE nafty i hazu im. I. M. Hubkina. M. 2015. T. 3. P. 378.

6. *Volkov I.V., Maylz A.N.* Systemy postiyonoho strumu na osnovi induktyvno-yemnisnykh peretvoryuvachiv [DC systems based on inductive-capacitive converters]. K. Naukova dumka. 1974. P. 9, Pp. 14-23. [in Russian].

7. *Pentahov I.V.* Osnovy teoriiy zaryadnykh lantsyuhiv yemnisnykh nakopychuvachiv enerhetyka [Fundamentals of the theory of charging circuits of capacitive energy storage]. K. Naukova dumka. 1982. p. 424. [in Russian].

8. *Vasko P.F., Verbovyi A.P., Pasich S.T.* Realizatsiya stokhastychnoyi modeli pozdovzhnoyi skladovoyi shvydkosti vitru dlya zadach enerhiyi vitru [Realization of a stochastic two-parameter model of the longitudinal component of the wind

speed for wind energy problems]. Vidnovliuvana enerhetyka. 2017. No. 3. pp. 54-61 [in Ukrainian].

9. *Holovko V.M., Kokanevych V.P., Shykhaylov M.O., Pavlov V.B., Pavlenko V.E., Perkova I.YU.* Vitroelektrychna ustanovka. Patent na korysnu model No 65230. Ukraina. MPK F03D7/00.9/00. [Wind Electric Pump Installation. Patent for utility model No 65230. Ukraine. MPK F03D7/00.9/00]. №201106729. Announced 30.05.11. Published 25.11.11. Bull. No. 22. 2011. [in Ukrainian].

10. *Holovko V.M., Kokanevych V.P., Shykhaylov N.A., Perkova I.YU.* Vitronasosna ustanovka z elektrodynamichnym pryvodom [Electrodynamic driven wind pump] Alter. enerhetyka ta ekolohiya. 2015. No. 15-16. pp. 29-33 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції 28.01.19
Остаточна версія 06.03.19

**XII МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.
ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА
2019**

**5-7
листопада**

ОРГАНІЗАТОР:
Міжнародний виставковий центр
ЗА ПІДТРИМКИ
Міністерства регіонального розвитку,
будівництва та житлово-комунального
господарства України

Технічний партнер: *ReutMedia*

ІЕС МІЖНАРОДНИЙ
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР
Київ, Броварський проспект, 15
© "Лівобережна"

(044) 201-11-66, 206-87-86
e-mail: energo@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.мвц.укр
www.tech-expo.com.ua