



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.15421/nvlvet8516
<http://nvlvet.com.ua/>

UDC 621.31.3.321.

Managing the efficiency of the work of the small hydro powerplant

Yu.Yu. Varyvoda¹, A.M. Tymoshyk¹, B.R. Tsizh^{1,2}

¹Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

²Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Bydgoszcz, Poland

Article info

Received 08.02.2018

Received in revised form

07.03.2018

Accepted 13.03.2018

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska, 50, Lviv, 79010,
Ukraine.

Tel.: +38-050-371-46-31

E-mail: tsizhb@ukr.net

Kazimierz Wielki University in
Bydgoszcz, Chodkiewicza 30,
Bydgoszcz, 85-064, Poland.

Varyvoda, Yu.Yu., Tymoshyk, A.M., & Tsizh, B.R. (2018). Managing the efficiency of the work of the small hydro powerplant. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. 20(85), 86–89. doi: 10.15421/nvlvet8516

We consider a hydro-wind power plant, in which, depending on the daily electricity needs and natural fluctuations of the water pressure and wind power, operational regulation of the efficiency of the electric power generated is applied due to the situational use of the energy of the wind turbine. We have determined, that spontaneous changes in the parameters of energy carriers negatively affect the technical and economic indicators of energy equipment. As a result, losses and cost of electricity are significantly increasing. It is confirmed that the dependence of the cost of electricity production on the number of hours of using the installed power of the power plant is estimated by the coefficient of extensive use K_{ext} , coefficient of intensive use K_{int} and coefficient of integral use $K_{in} = K_{ext} \times K_{int}$. We propose a scheme of a hydro-wind power plant in which the processes of electricity generation are mechanically combined through the use of wind force and water pressure. Mechanically combining (for joint regulation) the processes of producing electricity in single hydro-wind power plant, one is able to increase the degree of use of the installed capacity of the mini hydro powerplant by increasing the duration of continuous operation with the highest possible energy conversion efficiency. The degree of usage of the installed capacity of the mini hydro powerplant increases due to an increase of the duration of continuous performance with the highest possible energy conversion efficiency. In the nighttime, a hydrogenerator with a turbine can be used as a pump for the accumulation of water in the reservoir and its subsequent use in the daytime maximum load. Increasing the efficiency of such installations will be noticeable when one of the generators will be able to increase the power of another by mechanical or (and) electric power, providing a greater degree of their usage. We also consider and analyze various variants of mechanical control of the work of the hydro-wind power plant with possible changes in the pressure of water or (and) wind. The conclusions and perspectives of further research of the highlighted problem are presented.

Key words: hydro-wind power plant, electric power, efficiency of performance, energy equipment, energy conversion coefficient.

Управління ефективністю роботи міні-ГЕС

Ю.Ю. Варивода¹, А.М. Тимошик¹, Б.Р. Циж^{1,2}

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, м. Львів, Україна

²Університет Казимира Великого в Бидгощі, Бидгощ, Польща

Розглядається гідро-вітроенергетична установка, у якій залежно від добових потреб електроенергії та природніх коливань напору води і сили вітру оперативно здійснюється регулювання ефективності виробленої електроенергії за рахунок ситуативного використання енергії вітрогенератора. Встановлено, що стихійні зміни параметрів енергоносіїв негативно впливають на техніко-економічні показники енергообладнання. Внаслідок цього втрати і собівартість електроенергії суттєво зростають. Підтверджено, що залежність собівартості виробництва електроенергії від числа годин використання встановленої потужності енергоустановки оцінюється коефіцієнтом екстенсивного використання $K_{екс}$, коефіцієнтом інтенсивного використання $K_{інт}$ та коефіцієнтом інтегрального використання $K_{ін} = K_{екс} \times K_{інт}$. Запропонована схема гідро-вітроенергетичної установки, в якій механічно об'єднані процеси виробництва електроенергії через використання сили вітру і напору води. Механічно об'єднуючи (для спільного регулювання) процеси виробництва електроенергії в одній гідро-вітроенергетичній установці, можна підвищити ступінь викори-

стання встановленої потужності міні-ГЕС за рахунок збільшення тривалості безперервної роботи з максимально високим ККД. Ступінь використання встановленої потужності міні-ГЕС зростає за рахунок збільшення тривалості безперервної роботи з максимально високим ККД. У нічний період гідрогенератор з турбіною може використовуватися як насос для накопичення води у водойміщці і її подальшого використання в денний максимум навантаження. Підвищення ефективності роботи таких установок буде відчутним, коли один з генераторів буде здатний підсилювати механічною або (і) електричною енергією потужність іншого, забезпечуючи більший ступінь їх використання. Розглянуто і проаналізовано різні варіанти механічного управління роботою гідро-вітроенергетичної установки при можливих змінах напору води чи (і) вітру. Подано висновки та перспективи подальших досліджень висвітленої проблеми.

Ключові слова: гідро-вітроенергетична установка, електроенергія, ефективність роботи, енергообладнання, коефіцієнт корисної дії.

Вступ

Старіння основного енергообладнання ТЕС і АЕС, а також перевантаження високовольтних ліній електропередач в часи пік, та залежність надійності їхнього функціонування від кліматичних умов свідчать про зростаючу неспроможність потужних централізованих енергосистем забезпечувати споживачів дешевою і якісною електроенергією. Автоматизація та комп'ютеризація виробничих процесів підвищує вимоги до безперервного енергопостачання дрібних і середніх промислових підприємств та фермерських господарств. Існують цілі регіони, де зайнятість населення і його життєві потреби безпосередньо залежать від своєчасного постачання палива. Однак темпи скорочення запасів органічного палива і зростаючі проблеми екології потребують удосконалення існуючих методів і засобів використання відновлювальних джерел енергії, що особливо актуально в умовах регіонального об'єднання громад.

Матеріал і методи досліджень

В Україні на даному етапі розвитку промисловості та наявності власних природних ресурсів в регіонах, застосовуються установки з використання енергії води і вітру. Проте ефективність їх недостатньо висока у зв'язку із сезонною і добовою нерівномірністю параметрів енергоносіїв – потужності напору води і швидкості вітру.

Потужність водяного потоку P визначається з формули:

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H, \quad (1)$$

де Q – обсяг води, що надходить у турбіну гідроенергетичної установки за одиницю часу ($\text{м}^3/\text{с}$), H – висота падіння (м), ρ – густина води ($\text{кг}/\text{м}^3$), g – прискорення сили ваги ($9,8 \text{ м}/\text{с}^2$).

При зменшенні напору води нижче мінімально допустимого значення і відсутності акумуляторів, міні-ГЕС відключаються від споживачів і зупиняються.

В процесі виробництва електроенергії в гідроенергетичних установках (ГЕУ) відбуваються $\Gamma \leftrightarrow M \leftrightarrow E$ перетворення (рис. 1) (Butso and Tymoshyk, 2017).

Потужність гідротурбіни визначається з формули:

$$P_T = \rho \frac{Q \cdot H}{n} \eta_T, \quad (2)$$

де ρ – густина води; n – частота обертання турбіни; η_T – ККД турбіни.

Аналогічні за фізичною суттю процеси перетворення енергії вітру відбуваються у вітрогенераторах.

Починаючи із значень швидкості вітру 4 м/с робота вітрогенератора вважається доцільною, а при значеннях 9–12 м/с він працює з максимальним ККД.

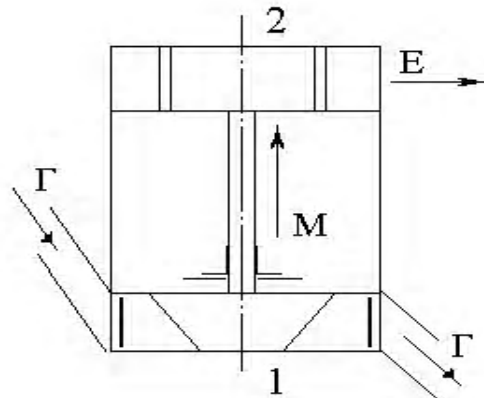


Рис. 1. Схематичний показ процесів перетворення енергії в ГЕУ: гідралічні (Γ), механічні (M) та електричні (E) складові процеси

Добові коливання навантаження споживачів, а також стихійні зміни параметрів енергоносіїв негативно впливають на техніко-економічні показники енергообладнання, внаслідок чого втрати і собівартість електроенергії суттєво зростають. Залежність собівартості виробництва електроенергії від числа годин використання встановленої потужності енергоустановки оцінюється наступними параметрами:

- коефіцієнтом екстенсивного використання – розраховується як відношення річного числа годин перебування обладнання в роботі під навантаженням T_n до всього числа годин за рік

$$K_{\text{екс}} = T_n / 8760; \quad (3)$$

- коефіцієнтом інтенсивного використання – визначається як відношення річного (місячного) фактичного числа годин роботи з встановленою (номінальною) потужністю до річного (місячного) теоретичного числа годин перебування енергетичного обладнання під навантаженням:

$$K_{\text{инт}} = P_{\text{ф}} / P_{\text{м}} = P_{\text{ф}} \cdot T_{\text{ф}} / P_{\text{вст}} \cdot T_{\text{к}}, \quad (4)$$

де $P_{\text{ф}}$ – фактично вироблена електроенергія (КВт), яка залежить від циклічності добових графіків навантаження споживачів, діапазону добових коливань потужності енергоносія, частоти і якості ремонтів; $P_{\text{м}}$ – теоретично можлива кількість виробництва електроенергії (КВт); $P_{\text{вст}}$ – встановлена (номінальна) потужність (КВт);

- коефіцієнтом інтегрального використання енергоустановки з урахуванням змін добових навантажень і простоювань без виробництва електроенергії:

$$K_{in} = K_{екс} \cdot K_{инт} \quad (5)$$

величина якого суттєво знижується не тільки за рахунок тривалості й частоти зупинок і пусків, але і за рахунок, відповідно, коливань навантажень, а значить і ККД енергоустановки. При змінному добовому графіку навантаження ГЕС як значення енергетичної ефективності ГЕУ за проміжок часу T (наприклад, середньодобового) використовується середньо інтервальне значення ККД [РД 153-34.2-09.165-00. «Типовая программа проведения энергетических обследований гидроэлектростанций»]:

$$\bar{\eta} = \frac{\mathcal{E}}{9,81 \sum_{i=1}^n Q_i H_i \Delta t} \quad (6)$$

де \mathcal{E} – виробництво електроенергії за період часу T ; Q_i , H_i – постійно фіксовані значення витрати води і напору за відрізок часу $\Delta t = T/n$.

При роботі з навантаженням нижчим за номінальне відповідно знижується ККД міні-ГЕС. Проблема забезпечення найефективнішої роботи ГЕС при змінних режимах полягає у тому, щоб безперервно та оперативно коригувати гідроенергетичні процеси таким чином, щоб ГЕУ постійно функціонувала з мінімальними втратами (Butso and Tymoshyk, 2017).

Результати та їх обговорення

Сезонні коливання напору води в річках і добові та сезонні зміни сили вітру – це практично незалежні природні явища, які в процесах перетворення енергії подібні між собою за фізичною суттю і технологією їх використання. Механічно об'єднуючи (для спільного регулювання) процеси виробництва електроенергії в одній гідро-вітроенергетичній установці, можна підвищити ступінь використання встановленої потужності міні-ГЕС за рахунок збільшення тривалості безперервної роботи з максимально високим ККД (Varyvoda et al., 2016). Для цього в центрі торця вала ротора вертикального гідрогенератора виконується конусоподібний осьовий отвір з внутрішніми шліцами (рис. 2). У нього може входити конусоподібний кінець проміжного вала зі зовнішніми шліцами (9) за допомогою підйімального пристрою (8) (домкратів), механічно з'єднуючи або роз'єднуючи вали гідрогенератора (1) і вітрогенератора (2).

Залежно від співвідношень напорів між гідро-і вітроенергоносіями та зміщеннями (чи співпадіннями) в часі їх дії, а також враховуючи потреби в електроенергії споживачів, можна ефективніше перерозподіляти параметри навантаження між гідрогенератором і вітрогенератором. Це дозволить при можливості зменшувати частоти зупинок і тривалості очікування необхідного напору води та (або) вітру (Varyvoda et al., 2016). У випадку одночасного використання гідро- і вітрогенераторів ККД установки дещо знизиться за рахунок зростання механічної складової втрат (M) (рис. 1). Однак при встановленні достатньо потужного вітрогенератора міні-ГЕС коефіцієнт інтегрального використання гідро-вітроенергетичної установки може суттєво зрости внаслідок зниження частоти

пусків-зупинок та збільшення коефіцієнта інтенсивного її використання.

У нічний період гідрогенератор з турбіною може використовуватися як насос для накопичення води у водоймищі і її подальшого використання в денний максимум навантаження (Tymoshyk and Tymoshyk, 2014). Підвищення ефективності роботи таких установок буде відчутним, коли один із генераторів буде здатний підсилювати механічною або (і) електричною енергією потужність іншого, забезпечуючи більший ступінь їх використання.

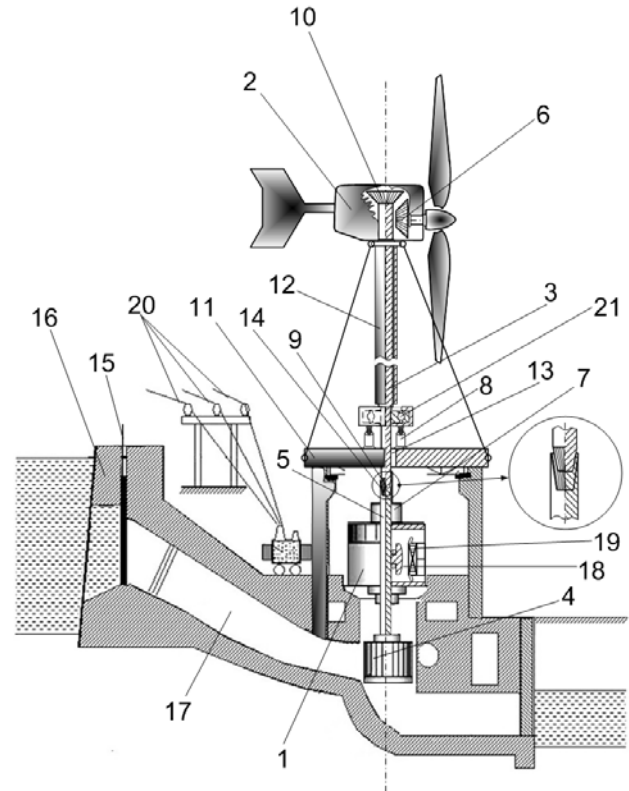


Рис. 2. Гідро-вітроенергетична установка

Розглянемо деякі варіанти механічного управління роботою гідро-вітроенергетичної установки автономної міні-ГЕС за допомогою проміжного вала при змінах напору води чи (і) вітру.

1. Напір води і швидкість вітру достатні для виробництва електроенергії. Залежно від навантаження споживачів, електроенергію можна виробляти з обох незалежних джерел енергії. У цьому випадку проміжний вал може бути механічно роз'єднаний і від гідрогенератора, і від вітрогенератора.

2. Напір води низький і швидкість вітру недостатня, щоб використовувати одну з установок для виробництва хоча б мінімальної електроенергії необхідної якості. Проміжний вал з'єднується з валами обох електрогенераторів, для сумарного використання напорів води і вітру.

3. Надмірний напір води при відсутності вітру (весняний паводок). Вітрогенератор можна використовувати як баластне навантаження в режимі споживання надлишкової механічної енергії обертання гідротурбіни для регулювання

(гальмування) швидкості її обертання до необхідної величини. Для цього проміжний вал гідрогенератора з'єднується з валом вітрогенератора.

4. Напір води відсутній. Напір вітру достатній. Проміжний вал роз'єднується від обох генераторів. Виробництво електроенергії для споживачів здійснюється тільки вітрогенератором.

5. Дуже сильний вітер. Напір води слабкий. Проміжний вал з'єднується. Гідрогенератор можна використовувати як баластне навантаження, яке регулює (гальмує) швидкість обертання вітрогенератора.

Варто зазначити, що в гідро-вітроенергетичних установках можна спільно використовувати функціонально важливі елементи і вузли (акумулятори, інвертори, диспетчерський щит управління, контрольно-вимірювальні прилади, систему грозозахисту, роз'єднувачі та інше), що суттєво зменшує площу землевиділення порівняно із необхідною площею для роздільного будівництва міні-ГЕС і вітрових електростанцій, а також зменшує питому вартість її будівництва і експлуатації.

Висновки

1. Електромеханічне поєднання процесу перетворення енергії залежно від співвідношень між гідро- і вітроресурсами дозволяє оперативно перерозподіляти навантаження між гідро- і вітрогенераторами, що забезпечує максимальну ефективність роботи міні-ГЕС.

2. Використання енергії води і вітру як взаємно доповнюючих енергоресурсів дозволяє підвищити ефективність як діючих міні-ГЕС, так і розробити нові, досконаліші енергозберігаючі гідро-вітроенергетичні установки.

3. Дану конструкцію можна застосувати для підвищення ефективності роботи вже діючих вертикальних гідрогенераторів і зниження терміну їх самоокупності.

Перспективи подальших досліджень. Для застосування на практиці даного методу регулювання оптимальної роботи гідро-вітроенергетичної установки міні-ГЕС, потрібно визначити співвідношення необхідних потужностей між вітрогенератором і гідроенератором, а також кількісні оптимальні та гранично допустимі співвідношення параметрів води і вітру для побудови і використання енергоощадних діаграм роботи конкретної гідро-вітроенергетичної установки.

Даний процес оптимального управління роботою гідро-вітроенергетичної установки доцільно автоматизувати за допомогою мікропроцесорних систем контролю параметрів відповідних енергоносіїв.

References

- Butso, Z.Iu., & Tymoshyk, A.M. (2017). Novi idei i metody kontroliu i upravlinnia efektyvnosti roboty hidroenerhetychnykh ustanovok maloi potuzhnosti. Enerhetyka ta elektryfikatsiia. 2, 28–30 (in Ukrainian).
- Varyvoda, Yu.Iu., Tymoshyk, A.M., & Tsizh, B.R. (2016). Patent na korysnu model Hidroenerhetychna ustanovka, U2016 06289 №112630, biul. №24 vid 26.12.2016. Rezhym dostupu: <http://uapatents.com/9-112630-gidroenergetichna-ustanovka.html> (in Ukrainian).
- Tymoshyk, A.M., & Tymoshyk, I.A. (2014). Patent na korysnu model Hidro-vtroenerhetychna ustanovka, №91232 U biul. №12. 25.06.2014. Rezhym dostupu: <http://uapatents.com/9-91232-gidro-vtroenergetichna-ustanovka.html> (in Ukrainian).