

Скіданов Володимир Михайлович

Доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації технологічних процесів, orcid.org/0000-0003-1761-487X
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Іносов Сергій Вікторович

Кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів, orcid.org/0000-0001-8305-5514
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Самойленко Микола Іванович

Асистент кафедри автоматизації технологічних процесів, orcid.org/0000-0001-9410-6962
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

КОНЦЕПЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ, СТІЙКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ВІТРОЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Анотація. Робота спрямована на дослідження та технічну реалізацію заходів щодо підвищення ефективності, надійності та стійкості вітроелектроустановок при малих швидкостях вітру. Новизна, продуктивність і корисність пропонованого дослідження ґрунтується на двох оригінальних ідеях відмінних від загальновідомих промислових концепцій для вітроелектроустановок, а саме: створення каналу гарантованого електроживлення з використанням імпульсного режиму генерації електроенергії, який забезпечує стійку роботу вітроустановки при мінімальних обертах генератора (тобто при мінімальних швидкостях вітру) та оперативній реструктуризації буферної акумуляторної батареї, що забезпечує її стійкий гарантований підзаряд при мінімальних вихідних напругах генератора (тобто знову-таки при мінімальних швидкостях вітру). Актуальність полягає в можливості створення реальної перспективи збільшення стабільності роботи та енергетичної ефективності вітроелектростанцій.

Ключові слова: вітроелектроустановка; ефективність; надійність; імпульсна генерація; акумуляторна батарея; оперативна реструктуризація

Вступ

Оригінальність і корисність пропонованого дослідження ґрунтується на двох ідеях (відмінних від загальновідомих промислових концепцій вітроелектроустановок (ВЕУ)), а саме: створення каналу гарантованого електроживлення з використанням імпульсного режиму генерації електроенергії, який забезпечує стійку роботу вітроустановки при мінімальних обертах генератора (тобто при мінімальних швидкостях вітру) та оперативній реструктуризації буферної акумуляторної батареї, що забезпечує її стійкий підзаряд при низьких вихідних напругах генератора.

Реалізація цієї нової концепції дасть змогу значно збільшити ефективність вітроелектростанцій (ВЕС) за рахунок їх стійкої роботи у розширеному діапазоні швидкостей вітрового потоку. Організація такого каналу може бути корисна: для однієї окремої промислової або малопотужної побутової автономної ВЕУ та для комплексу ВЕУ в цілому.

Отже, все вищезазначене дозволяє вважати вибрану тему досліджень актуальною у науковому та прикладному аспектах для сучасної вітроенергетики України.

Мета статті

Метою роботи є обґрунтування можливості технічної реалізації каналу живлення для зовнішньої мережі та власних потреб ВЕУ, що дасть можливість забезпечувати електроенергетичні потреби навіть при найменших швидкостях вітру.

Ключовою задачею керування каналом гарантованого живлення є глибоке управління генератором постійного струму. Управління має бути організоване таким чином, щоб дати можливість навіть при найменших швидкостях вітру отримувати в мережі стабільний електричний струм з необхідними параметрами.

Виклад основного матеріалу

Організація автономного каналу живлення для власних потреб ВЕУ дасть можливість забезпечувати власні електроенергетичні потреби навіть при найменших швидкостях вітру.

Організувати такий канал можливо декількома способами:

- у складі однієї ВЕУ;
- у складі комплексу ВЕУ;
- як автономного модуля малопотужної (до 5 – 10 кВт) окремої ВЕУ.

Ключовою задачею керування каналом гарантованого живлення є глибоке управління генератором постійного струму та інвертором. Управління має бути організоване таким чином, щоб дати можливість навіть при найменших швидкостях вітру отримувати в мережі стабільний електричний струм з необхідними параметрами.

Розглянемо структурну схему каналу (рис. 1) гарантованого живлення, запропоновану автором, охарактеризуємо її призначення, вкажемо на переваги та недоліки.

Тут позначено: **Привід** – зовнішній привід генератора постійного струму, який може бути організовано від основного генератора вітроколеса як через додатковий редуктор, так і співвісно з головним. Ще можливі варіанти, такі як: від асинхронного приводного двигуна, що живиться від основного генератора, або за допомогою свого окремого вітроколеса. Далі: **Г** – генератор постійного струму (ГПС); **ОЗ** – обмотка збудження; **РЯ** – регулятор у колі якоря; **РОЗ** – регулятор обмотки збудження; **А** – акумуляторна батарея; **Інв** – інвертор; **Тр** – трансформатор; **ЛАГР** – лічильник ампер-годин реверсивний; **МПСУ** – мікропроцесорна система управління.

Можливі режими роботи каналу:

Батарея – інвертор:

вхід в режим – $U_{AB} > U_{НОМ}$, $Q_{AB} > 0.1Q_{НОМ}$
 вихід з режиму – $U_{AB} < U_{НОМ}$, $Q_{AB} < 0.1Q_{НОМ}$,
 $I_{ІН} > 1.5I_{н}$

Генератор – батарея – інвертор:

вхід – $U_{Г} > U_{AB\text{ ном}}$
 вихід – $U_{Г} < U_{AB\text{ ном}}$, $I_{ІН} > 1.5I_{н}$

Генератор – інвертор:

вхід – $U_{Г} > 115\text{ V}$
 вихід – $U_{Г} < 115\text{ V}$, $I_{ІН} > 1.5I_{н}$.

Така структурна схема призначена для отримання наочного зображення принципу роботи каналу гарантованого живлення. Така організація дає можливість отримувати в мережі електроенергію заданих параметрів при різних швидкостях вітру, одночасно заряджати акумуляторну батарею чи розряджати її, віддаючи накопичену електроенергію в мережу в безвітряний період часу.

Суттєвою перевагою схеми є те, що в даному випадку ми досягаємо глибокого регулювання генератора постійного струму, як по обмотці збудження так і в колі якоря (широко-імпульсне регулювання), що дає можливість працювати на заряд акумуляторної батареї і на споживача при мінімальних швидкостях вітру. Таке рішення може бути корисним для:

- окремої ВЕУ великої потужності (співвісно або через механічну передачу під'єднання ГПС);
- у комплексі ВЕУ;
- в автономних малопотужних побутових ВЕУ з виходом постійної ($=U$) чи змінної напруги ($\sim U$), а також нерегульованої енергії для її тепло-електричного акумулювання.

До недоліків можна віднести лише відносно розширений склад апаратного забезпечення.

Щодо буферної акумуляторної батареї, то акумулятори системи Pb-PbO₂ з кислотним (водний розчин сірчаної кислоти) електролітом історично є традиційним електрохімічним джерелом енергії.

Напруга одного елемента свинцево-кислотного акумулятора становить 2 В. Питома енергія серійних батарей не перевищує 40 – 50 Втгод/кг. Тривалість служби – 400 – 600 зарядно-розрядних циклів. Однак зустрічаються дані про експериментальні перспективні зразки, для яких питома енергія становить 45 – 65 Втгод/кг, а кількість зарядно-розрядних циклів досягає 600 – 1200.

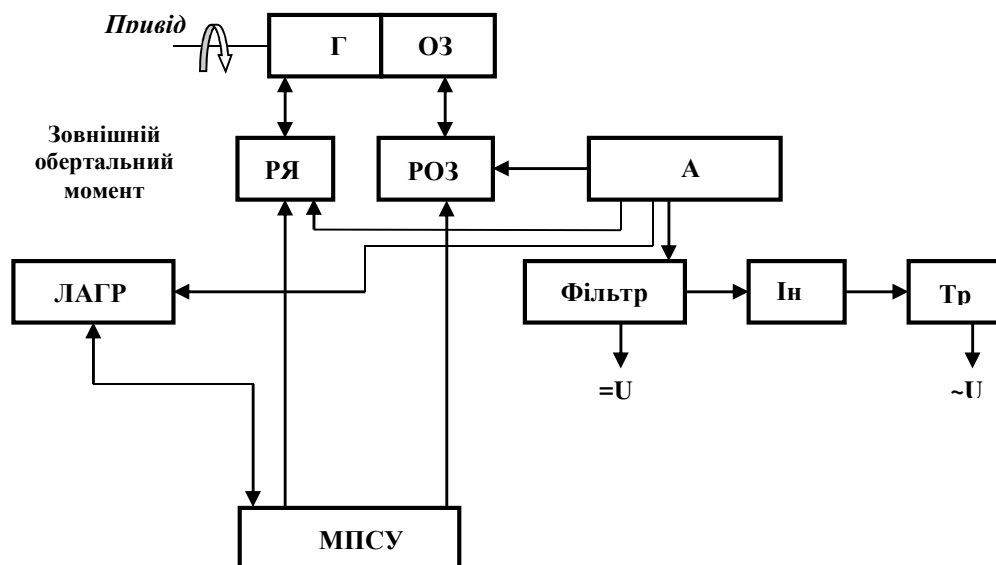


Рисунок 1 – Структурна схема каналу гарантованого живлення

Свинцево-кислотні акумулятори безпечні в експлуатації, не створюють особливих проблем при вирішенні проблеми утилізації відходів і відпрацьованих батарей; мають мінімальну вартість у порівнянні з батареями інших електрохімічних систем.

Є варіанти реалізації герметичних акумуляторів з гелевим електролітом, що забезпечує максимальну вібростійкість. Безсумнівною перевагою герметичних акумуляторів є їх необслуговуваність і збереження високих енергетичних показників протягом усього гарантованого терміну експлуатації.

Виконаємо необхідні розрахунки параметрів АБ і з їх урахуванням виберемо потрібний модуль за довідником та визначимо необхідну кількість таких модулів для об'єднання у батарею.

Для початку задамо деякими вихідними величинами: нехай мінімальний заряд на одному модулі (система Pb-PbO₂) становитиме $U_{\min}=1.7V$ (граничний режим розряду); коефіцієнт заповнення імпульсного циклу інвертора $\gamma_{\text{ін.макс.}} = 0.95$, а вхідна напруга інвертора при цьому повинна становити $U_{\text{ном}}^{\text{ін}} = 110V$, що при коефіцієнті трансформації трансформатора (ТР) $K_{\text{ТР}}=3,14$ повинно забезпечити амплітудне значення вихідної напруги на рівні 345 В, а середнє – $U_{\text{ср}} = 2U_{\text{макс}} / \pi = 220$ В. Тоді запишемо таку формулу:

$$n_{\min} = U_{\min} \cdot \gamma_{\text{макс}}^{\text{ін}} = U_{\text{ном}}^{\text{ін}}, \quad (1)$$

де n_{\min} – мінімальна кількість модулів в АБ.

Підставивши в (1) відповідні числові значення, отримаємо $n_{\min} = 1,7 \cdot 0,95 = 110$.

Розв'язавши рівняння, отримаємо $n = 68$ (модулів). Знайдемо максимально можливу та мінімально припустиму напругу АБ:

$$U_{\text{АБ min/max}} = U_{\text{min/max}} \cdot n. \quad (2)$$

Підставивши в (2) значення, отримаємо

$$U_{\text{АБmin}} = 68 \cdot 1,7 = 115,6 \text{ V};$$

$$U_{\text{АБmax}} = 68 \cdot 2,3 = 156,4.$$

Номінальне значення ЕРС батареї при $U_{\text{модуля}} = 2$ В:

$$U_{\text{АБном}} = U_{\text{модуля}} \cdot n = 136 \text{ V}.$$

Підрахуємо значення коефіцієнта заповнення $\gamma_{\text{макс}}^{\text{ін}}$:

$$\gamma_{\text{макс}}^{\text{ін}} = U_{\text{ном}}^{\text{ін}} / U_{\text{АБ max}};$$

$$\gamma_{\text{ін min}} = 110 / 156,4 = 0,7.$$

Вибираємо акумуляторну батарею типу 4PzSHx480. Ця АБ дасть змогу забезпечувати живлення споживача потужністю 5 кВт впродовж 12 годин. Її параметри: ємність $Q = 485$ А·год, $U_{\text{АБном}} = 136$ В, $m_{\text{мод}} = 27$ кг $m_{\text{АБ}} = 476$ кг, габарити одного модуля 83x198x595 (мм).

Головна ідея імпульсної генерації електроенергії при малих обертах реалізується таким чином. Коли швидкість вітру стає замалою для підтримки номінальних обертів генератора для забезпечення на його виході напруги, що повинна бути більшою за напругу акумуляторної батареї, заряд батареї припиняється. Тобто можливості забезпечення генерації засобами регулювання по обмотці збудження вичерпані. Струм обмотки збудження – максимальний, але при даних обертах $U_{\text{ген}} \leq U_{\text{АБ}}$ струм у батареї дорівнює нулю. Щоб відновити режим заряду батареї, переводимо генератор в імпульсний режим. Для цього широтно-імпульсний сигнал з відносною тривалістю $\gamma_{\text{я}}$ ($\gamma_{\text{я}} = t_{\text{імпульсу}} / T$) подається в базу силового

транзисторного ключа СТК, ввімкненого паралельно генератору. Генератор починає працювати на «закоротку», його струм стрімко зростає і забезпечує накопичення додаткової енергії на індуктивних елементах якоря. Система керування відслідковує максимально припустимі значення струму якоря і при їх досягненні вимикає керуючий сигнал у базі СТК. Генератор «розкорочується», а накопичена у колі якоря електромагнітна енергія $LI^2/2$ у вигляді імпульсу струму надходить в акумуляторну батарею. Генератор при цьому продовжує отримувати зовнішній рушійний момент від вітроколеса і готовий до наступного імпульсного циклу генерації, який почнеться при надходженні чергового керуючого сигналу $\gamma_{\text{я}}$ у базу СТК. Таким чином ми зможемо за наявності навіть послабленого вітрового потоку підтримувати струм заряду батареї до мінімальних обертів генератора, що і є запорукою суттєвого розширення генераторних режимів вітроустановки.

Розглянута вище схема каналу гарантованого живлення може працювати у таких режимах: «**батарея – інвертор**», «**генератор – інвертор**», «**генератор – батарея – інвертор**», «**генератор – батарея**». Кожен з наведених режимів має свої жорстко визначені умови входу та виходу у даний конкретний режим. Для входу у режим «**батарея – інвертор**» необхідно, щоб напруга на батареї була вищою за мінімально допустиму її напругу ($U_{\text{АБ}} > U_{\text{min}}$), а її поточна ємність має бути більшою за одну десяту від номінальної ємності ($Q_{\text{АБ}} > 0,1 Q_{\text{ном}}$). Вихід з цього режиму, за нормальних умов функціонування каналу, здійснюється лише коли ці умови не виконуються.

Режим «**генератор – інвертор**» має такі умови входу та виходу: напруга генератора повинна бути більшою або рівною 115 В ($U_{\text{Г}} > 115$ В), тобто порогової найменшої напруги, яка ще може забезпечити нормальну роботу **інвертора**. У разі невиконання такої умови система виходить з цього режиму.

Для відпрацювання режиму «генератор – батарея – інвертор» повинні виконуватись такі умови: $U_{Г} > U_{АБ ном}$, $Q_{АБ} < Q_{АБ ном}$. Невиконання даних умов забезпечує вихід системи з цього режиму.

Режим генератор – батарея здійснюється лише при аварійному відключенні інвертора, а також коли виконується умова $U_{Г} > U_{АБ}$.

Розглянемо схемотехніку оперативної реструктуризації буферної акумуляторної батареї. Традиційна організація структури АБ являє собою послідовне з'єднання окремих елементів (акумуляторів) у батарею. Але, як показує практика, однією з умов підвищення енергетичної ефективності АБ є збільшення її струму короткого замикання ($I_{КЗ} = U_{АБ} / R_{АБ внутрішнє}$), що може бути досягнуто шляхом реструктуризації батареї з послідовного з'єднання елементів у змішане (послідовно-паралельне) з'єднання.

Для реалізації поставленої задачі можна запропонувати таке схемо-технічне рішення.

Запропонована схема (рис. 2) дає змогу оперативно змінювати структуру батареї, що обумовлює можливість зменшувати її напругу в 2 і більше разів. При цьому буде зменшуватись її внутрішній опір, а струм короткого замикання буде зростати.

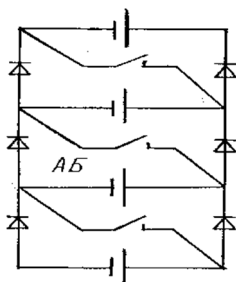


Рисунок 2 – Електрична схема реструктуризації АБ з послідовного з'єднання в змішане

Ідея використання буферної батареї зі змінною структурою у складі вітроелектроустановок допоможе суттєво розширити діапазон зарядних напруг, а значить і діапазон швидкостей вітру для стійкого заряду буферного джерела. Наприклад, вночі, коли споживання від батареї відсутнє, а швидкості вітру і можливості генератора не спроможні виконати заряд батареї на її повну напругу при послідовному з'єднанні її елементів. Перехід до структури з пониженою напругою дає можливість продовжити заряд батареї при зменшенні швидкості вітру, а значить обертів і напруги генератора.

Далі проаналізуємо енергетичні показники акумуляторної батареї. Почнемо з режиму розряду джерела на довільне навантаження.

У загальному випадку довільно структурована батарея може бути описана такими рівняннями:

$$E_B = k \cdot E_o; \tag{3}$$

$$r_B = k \cdot r_o / l, \tag{4}$$

причому задається

$$m = k \cdot l, \quad (l \neq 1);$$

$$m = k, \quad (l = 1), \tag{5}$$

де m – загальна кількість елементів батареї; l – кількість паралельно з'єднаних секцій, кожна з яких містить k послідовно ввімкнутих елементів (для кожної конкретної батареї треба мати $k = const$) для компенсації паразитних зрівнювальних струмів між секціями, які можуть виникнути як наслідок незрівноваженості ЕРС у окремих секціях; E_b, r_b, E_o, r_o – відповідно сумарна ЕРС та активний опір батареї у послідовній структурі та ЕРС і активний опір окремого складового елемента батареї.

У загальному випадку ККД батареї можна визначити за такою формулою [5]:

$$\eta_E = 1 - \Delta P_B / P_B, \tag{6}$$

де $\Delta P = I_{ef}^2 r_B$ – втрати потужності в батареї;

$P_B = E_B \cdot I_{cp}$ – внутрішня потужність джерела; I_{ef} , та I_{cp} відповідно ефективне та середнє значення струмів батареї.

Остаточний вираз для ККД довільно секціонованого джерела у режимі розряду одержимо у такому вигляді:

$$\eta_{E-C}^T = \left(1 + \sqrt{l^2 - 4I^* \gamma (l - I^* [1 - k_c (1 - \gamma)])} \right) / 2l, \tag{7}$$

де $k_c = R_{sc} / nr_B$ (n – кількість паралельно ввімкнених конденсаторів у фільтрі).

Далі розглянемо зарядний режим довільно побудованої акумуляторної батареї для імпульсних та квазісталих струмів [7]. У цьому разі АБ працює як елемент навантаження впродовж часу $(T - t_i)$. Електрична принципова та заступна розрахункова схеми показані на рис. 3а, б відповідно.

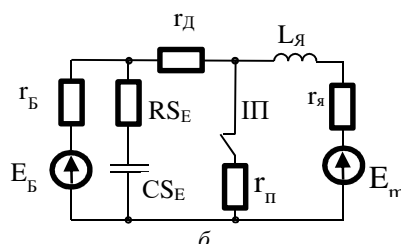
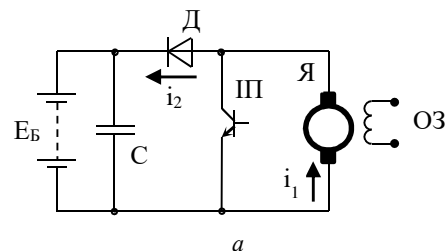


Рисунок 3 – Схема керування генератором: а – принципова; б – розрахункова

Базові рівняння, що описують схему можна записати у такому вигляді [1; 5]:

$$L_{\mathcal{A}}(di_1/dt) + i_1 r_1 + E_m = 0, \quad 0 < t < t_i;$$

$$L_{\mathcal{A}}(di_2/dt) + i_2 r_2 + E_m = E_B, \quad t_1 < t < T.$$

Значення коефіцієнтів, що входять у вирази для спожитої і втраченої потужності для секціонованої батареї запишемо у такому вигляді:

$$k_i = E_0 / r_0 I_k; \quad (8)$$

$$k_{iM} = m r_0 / r_a = k \nu r_0 / r_0. \quad (9)$$

Тоді вирази для втраченої та спожитої потужності можна визначити за такими формулами:

$$\Delta P_{iM}^* = \Delta P_{iM} / P_k = (I \cdot k_i)^2 k_{iM} k_{\alpha} (1 - \gamma) l^{-2}; \quad (10)$$

$$P_{iM}^* = P_{iM} / P_k = I \cdot k_i^2 k_{iM} (1 - \gamma)^2 E_m / E_{iM} - [I \cdot k_i (1 - \gamma)]^2, \quad (11)$$

де відношення $E_m / E_{iM} = (1 - \gamma) / l - I^*$; E_m – ЕРС електричної машини в генераторному режимі роботи.

Остаточний вираз для ККД довільно секціонованої батареї у рекуперативному режимі при квазісталих струмах заряду одержимо у такому вигляді:

$$\begin{aligned} \eta_{E-C}^P &= 1 - (\Delta P_u^* + \Delta P_C^*) / P_{E-C}^* = \\ &= 1 - I \cdot [k_{iM} + l^2 \gamma (1 - \gamma) k_{c\gamma}] / \\ &/(1 - \gamma) - 2l \cdot I^*]. \end{aligned} \quad (12)$$

Таким чином, одержані вирази для ККД акумуляторної батареї у різних режимах роботи містять параметр l , який визначає глибину секціонування батареї, тобто кількість ідентичних паралельно ввімкнутих секцій, кожна з яких складається з $k = const$ елементів.

Розрахунки за одержаними вище аналітичними виразами для ККД були виконані для нікель-цинкової акумуляторної батареї типу 84НЦ-125-У2 з характеристиками: $I_{max}=250$ А, $U_{ном}=135$ В, $I_{к.з.}=1350$ А, $r_B=0,1$ Ом, (вихідна конфігурація – 84 послідовно з'єднаних елементів, кожний з яких має ЕРС 1,6 В). Батарея призначена для роботи у буферному режимі при потужності до 30 кВт.

Найбільш цікавий результат одержано для залежностей ККД акумуляторної батареї від глибини її секціонування у зарядному режимі (рис. 4), де крім монотонно зростаючих залежностей для малих КЗПЦ ($\gamma < 0,3$) та малих струмів ($I < 50$ А), що в цілому характерно для розрядного режиму, маємо більшість залежностей параболічного характеру з явно існуючою зоною максимумів.

Фізична сутність такого ефекту пояснюється таким чином. Початкове монотонне зростання значень ККД при збільшенні глибини секціонування навіть для великих значень струмів та КЗПЦ

перетворювача дає позитивний ефект, але у подальшому (при зростанні струмів від $0,5 I_{max}$ і вище) позитивний фактор секціонування не може компенсувати негативні наслідки дії режимних (управлінських) факторів. Останнє витікає з такого.

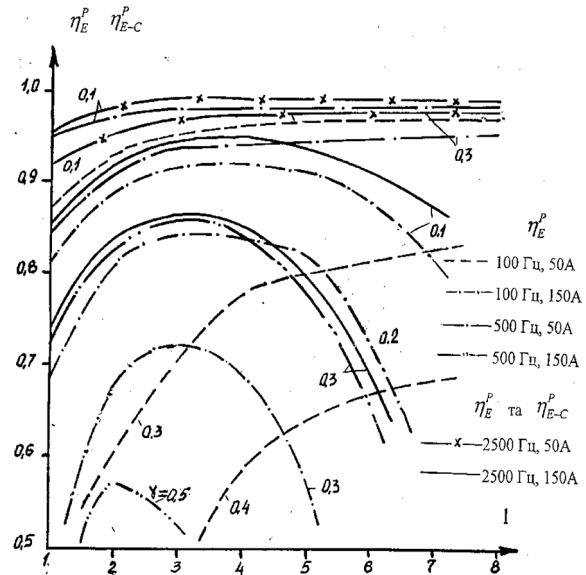


Рисунок 4 – Залежності ККД АБ від глибини секціонування у зарядному режимі

Втрати у батареї зменшуються пропорційно квадрату глибини секціонування l – (12), але при цьому вони й зростають пропорційно квадрату струму навантаження. Водночас потужність споживання (11) пропорційна відношенню $(1 - \gamma) / (l - I^*)$, звідки видно, що при одночасному збільшенні l та I^* останній вираз інтенсивно зменшується, що обумовлює різке зниження потужності споживання джерела. Збалансоване таким чином зростання втрат потужності та зменшення потужності споживання призводить до зниження ККД джерела живлення – акумуляторної батареї – в цілому.

Висновки

1. Запропоновано нову оригінальну концепцію побудови каналу гарантованого енергоживлення (для малопотужних побутових ВЕУ, або у межах власних потреб вітроелектростанції), основу якої складає принцип імпульсного генерування електроенергії, що в цілому значно розширює діапазон продуктивних робочих швидкостей вітру.

2. Проведено аналітичні дослідження енергетичних показників акумуляторної батареї для різних варіантів її оперативної структурної перебудови, що дало можливість визначити найбільш раціональні діапазони глибини секціонування для розрядних та зарядних режимів.

Найбільш прийнятним діапазоном для показника глибини секціонування l у зарядному режимі слід вважати діапазон, де $2 \leq l \leq 4$. У цьому випадку забезпечуватиметься заряд батареї до, так званих, повзучих швидкостей вітроколеса і відповідно достатньо тривалий заряд буферного джерела струмами, що задовольняють регламентованим експлуатаційним показникам для переважної більшості вітчизняних та зарубіжних джерел живлення.

3. Можна цілком впевнено стверджувати, що технічний симбіоз запропонованого оригінального схемотехнічного рішення для виконання оперативної реструктуризації акумуляторної батареї у складі вітроелектроустановки разом з концепцією імпульсного заряду буферної батареї є вдалим науково-технічним рішенням для розробки і створення ефективних і надійних джерел електроживлення з використанням енергії вітру при його малих швидкостях.

Список літератури

1. Бирзник Л.В. Импульсные преобразователи постоянного тока. – М.: Энергия, 1974. – 256 с.
2. Васко П.Ф. Енергетичний потенціал вітру на території України // Доповіді 2-ї міжр. конф. 'Управління енерговикористанням. – Львів, Україна. – 1997. – С. 136-137.
3. Денисенко Г.И, Васко П.Ф, Брыль А.А, Пекур П.П. Режимы работы ветроэлектрических установок с генераторами постоянного тока // Электричество. – 1986. – № 4. – С. 7-11.
4. Денисенко Г.И, Васко П.Ф, Брыль А.А, Пекур П.П. Энергетика автономных ветроустановок // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1990. – №3. – С. 130-135.
5. Полупроводниковые преобразователи в автономном электроприводе постоянного тока / В.Б. Павлов, А.К. Шидловский, В.М. Скиданов, В.А. Рычков. – К.: Наук. Думка, 1987. – 284 с.
6. Рензо Д. Ветроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.
7. Скиданов В.М. Энергетический анализ и оптимизация управления в системе аккумуляторная батарея – импульсный преобразователь – двигатель постоянного тока в режиме рекуперативного торможения. – К., 1984. – 54 с. (Препр. / АН Украины. Ин-т электродинамики; №361).

Стаття надійшла до редколегії 28.03.2019

Скиданов Владимир Михайлович

Доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации технологических процессов, orcid.org/0000-0003-1761-487X
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Иносов Сергей Викторович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов, orcid.org/0000-0001-8305-5514

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Самойленко Николай Иванович

Ассистент кафедры автоматизации технологических процессов, orcid.org/0000-0001-9410-6962

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ, СТОЙКОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Аннотация. Работа нацелена на исследование и техническую реализацию методов повышения эффективности, надежности и устойчивости ветроэлектроустановок при малых скоростях ветра. Новизна данного исследования базируется на двух оригинальных идеях, отличных от общепринятых промышленных концепций для ветряных энергоустановок, а именно: создание канала гарантированного электропитания с применением импульсного режима генерации электроэнергии, который обеспечивает устойчивую работу ветроустановки при минимальных оборотах (т.е. при минимальной скорости ветра) и оперативной реструктуризации буферной аккумуляторной батареи, что обеспечит ее стойкий гарантированный заряд при минимальном выходном напряжении генератора (т.е. при минимальной скорости ветра). Актуальность лежит в возможности реальной перспективы повысить стабильность и эффективность работы ветроэлектростанций.

Ключевые слова: ветроэлектроустановка; эффективность; надежность; импульсная генерация; аккумуляторная батарея; оперативная реструктуризация

Skidanov Vladimir

Professor, Head of the Department of Process Automation, orcid.org/0000-0003-1761-487X
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

InosovSergei

Associate professor, Department of Process Automation, orcid.org/0000-0001-8305-5514
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

SamojlenkoMikola

Assistant, Department of Process Automation, orcid.org/0000-0001-9410-6962
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**THE CONCEPT OF INCREASING THE EFFICIENCY, STABILITY
AND RELIABILITY OF INDUSTRIAL WIND TURBINES**

Abstract. The work is aimed at research and technical implementation of measures to increase the efficiency, reliability and stability of wind turbines at low wind speeds. The novelty, performance and usefulness of this study are based on two original ideas that are different from the well-known industrial concepts for wind turbines, namely: the creation of a guaranteed power supply channel using the pulse mode of power generation, which ensures the steady operation of the wind turbine at minimum generator speeds (that is, at minimum wind speeds) and operational restructuring of the buffer battery, which ensures its stable guaranteed recharging at a minimum generator output voltage (i.e. at the lowest wind speeds). Relevance is the possibility of creating a realistic prospect of increasing the stability of work and energy efficiency of wind power plants.

Keywords: wind power station; efficiency; reliability; pulse generation; rechargeable battery; operational restructuring

References

1. Birznieks, L.V. (1974). *Impulse transformers of stable rout. M.: Energy*, 256.
2. Vasko, P.F. (1997) *Energetichniy potentsial v trunateritoriyi Ukraini // Proc. II int. conf. "Management of management supply"*. Lviv, Ukraine, 136-137.
3. Denisenko, G.I., Vasko, P.F., Bryil, A.A., Pekur, P.P. (1986). *Modes of work of electro technical devices with generator of stable rout. Electricity*, 4, 7-11.
4. Denisenko, G.I., Vasko, P.F., Bryil, A.A., Pekur, P.P. (1990). *Energetic of autonomic wind generators. Izv. AN SSSR. Energetic and transport*, 3, 130-135.
5. Pavlov, V.B., Shidlovskiy, A.K., Skidanov, V.M., Ryichkov, V.A. (1987). *Semi-conductor transformers in autonomic engine of DC. K.: Nauk. Dumka*, 284.
6. Renzo, D. (1982). *Wind energetic. M.: Energoatomizdat*, 272.
7. Skidanov, V.M. (1978). *Energy analysis and optimization of management in the system accumulator battery – impulse transformer – engine of stable rout in the mode of recuperate breaking. Kyiv*, 54.

Посилання на публікацію

APA Skidanov, Vladimir, Inosov, Sergei & Samojlenko, Mikola, (2019). *The concept of increasing the efficiency, stability and reliability of industrial wind turbines. Management of development of complex systems*, 38, 205 – 211, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788747](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788747).

ДСТУ Скіданов В.М. Концепція підвищення ефективності, стійкості та надійності промислових вітроелектроустановок [Текст] / В.М. Скіданов, С.В. Іносов, М.І. Самойленко // *Управління розвитком складних систем.* – 2019. – № 38. – С. 205 – 211, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788747](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788747).