

# Синтез обладнання комплексу сонячно-вітрової енергетичної установки

Кравчук М.П., Коломійченко А.С., Величко А.В.,  
науковий керівник: Кравчук М.П., к.т.н., доцент  
НН АКІ НАУ  
Київ, Україна  
[kravchuknp@ukr.net](mailto:kravchuknp@ukr.net)

**Анотація** — синтез обладнання комплексу сонячно-вітрової енергетичної установки буде забезпечувати електричною енергією в необхідній кількості, ефективність та економічність в системах електропостачання споживачів 2-ї та 3-ї категорії.

**Ключові слова** — комплексна сонячно-вітрова енергетична установка, вітрова енергія, сонячна енергія, сонячні панелі, вітрове колесо, інсоляція, пристрої автоматичного захисту, акумуляторна батарея, іоністор.

## I. ВСТУП

Синтез енергоефективного обладнання комплексу сонячно-вітрової енергетичної установки (КСВЕУ) забезпечує раціональне використання енергетичних альтернативних ресурсів і використання меншої кількості енергії для забезпечення того ж рівня електропостачання споживачів електричної енергії 2-ї та 3-ї категорії. До третьої категорії належать невеликі підприємства, цехи, будівлі до 5 поверхів та споживачі електричної енергії, у роботі яких допускається перерва електропостачання до 24 годин для проведення ремонтних робіт та відновлення електропостачання.

## II. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній день ефективне використання енергетичних ресурсів є одним із основних пріоритетів розвитку економіки будь-якої країни [1]. Енергозбереження та підвищення енергоефективності повинні супроводжувати розвиток "зеленої" енергетики, підсилюючи економічні, екологічні та соціальні ефекти її впровадження. Енергоефективність показує витрати електричної енергії на одиницю виробництва або споживання одиниці продукції (досягнення соціально-економічного ефекту).

## III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Підвищення енергоефективності обладнання КСВЕУ пов'язане з: використанням меншої кількості енергії для забезпечення перетворення сонячної та вітрової енергії в електричну; збільшенням надійності та експлуатаційного періоду обладнання КСВЕУ не знижуючи вимоги та якості електричної енергії системи електропостачання.

Серед основних напрямів підвищення енергоефективності необхідно назвати: зменшення непродуктивних втрат енергії; енергозбереження

(заощадження) у процесах власного споживання електричної енергії в КСВЕУ; оптимізацію перетворення та постачання електричної енергії у періоди пікових навантажень.

В КСВЕУ пропонується використання різних пристроїв автоматики системи електропостачання, які забезпечать енергоефективне використання електричної енергії.

Пристрої автоматичного захисту будуть захищати КСВЕУ та систему електропостачання від ненормальних (перевантаження, зниження чи підвищення напруги і частоти) і аварійних (короткі замикання, неповнофазні режими, атмосферні перенапруги) режимів. Захист може бути виконаний за допомогою плавких запобіжників, теплових роз'єднувачів, магнітних пускачів, теплових і електромагнітних роз'єднувачів, автоматів та реле.

Пристрої автоматичного секціонування КСВЕУ і зовнішньої мережі дозволять зберегти електропостачання основної маси споживачів 2-ї та 3-ї категорії шляхом автоматичного відключення пошкодженої ділянки зовнішньої мережі або з метою економії електричної енергії. Автоматичне включення резервного обладнання (АВР) забезпечить безперебійність електропостачання за допомогою швидкого автоматичного переключення обладнання КСВЕУ до системи електропостачання споживачів чи переключення системи електропостачання до зовнішньої мережі.

Сонячна панель є збірною панеллю, яка перетворює енергію сонячних променів у електричну енергію. Вихідна потужність кожного модуля за стандартних умов використання знаходиться в межах від 100 до 365 Вт.

Технічні параметри (при освітленості  $800 \text{ Вт/м}^2$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ ):

- клас модуля – нанокристалічний nC-Si (НІТ) - 23%;
- потужність –  $267 \pm 20\%$  Вт;
- напруга – 18,9 В;
- напруга при максимальній потужності – 16,8 В;
- струм при максимальній потужності – 15,9 А.

Проаналізувавши показники інсоляції в залежності від кута падіння сонячних променів найбільш несприятливим місяцем для Київської області є грудень, денна усереднена інсоляція на горизонтальну поверхню землі становить  $0,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2/\text{добу}$ , на вертикальну –  $1,22 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2/\text{добу}$ .

При куті нахилу площини до землі  $70$  градусів інсоляція становитиме  $1,26 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2/\text{день}$ , оптимальним кутом для грудня є  $74$  градуси.

Найсприятливішим місяцем є червень і інсоляція на горизонтальну поверхню складе 5,27 кВт·год/м<sup>2</sup>/добу, оптимальний кут нахилу для червня – 11 градусів.

Якщо ж сонячні модулі будуть задіяні в літні місяці, то рівень інсоляції буде на порядок вищим. Необхідно також враховувати кут нахилу сонячних променів, відносно якого буде змінюватись рівень інсоляції і відповідно потужність. Оскільки сонячні елементи знаходяться на поверхні лопатей вітрогенератора і мають різний кут нахилу, то усереднене значення буде оптимальним показником потужності. Середній оптимальний показник кута нахилу сонячних променів складає 44,6 градусів, що є близьким показником до положення панелей на КСВЕУ на території Київщини [2, 3].

Ємність акумуляторної батареї (АКБ) є однією з її найважливіших технічних характеристик. Під цим терміном розуміють кількість часу, за який здатний забезпечувати електричною енергією споживачів підключених до автономного джерела, тобто це максимальна кількість електроенергії, накопиченої АКБ за повний цикл заряду і одиницею вимірювання ємності є А·год.

Пропонується використовувати тип акумуляторів, які при експлуатації будуть розряджатися на 30 % від їх загальної ємності, після чого відразу виконувати їх зарядку. У цьому випадку вони здатні витримати близько 10000 циклів заряд-розряд. У разі якщо величина розряду зменшиться до 70%, то кількість даних циклів знизиться приблизно на 2000. За умови надійності роботи КСВЕУ джерело АКБ повинно бути з запасом близько 20% для того, щоб кожен раз не розряджати його повністю, що допоможе зберегти термін роботи та надійність протягом якомога більшого періоду часу функціонування КСВЕУ.

У тому випадку, коли для резервування навантаження використовується кілька акумуляторів, кількість накопиченої в них енергії абсолютно не залежить від типу їх з'єднання — паралельного, послідовного, або змішаного.

Іоністори відіграють важливу роль у підвищенні якості електроенергії у споживачів, стабілізуючи напругу і вирівнюючи графіки навантажень (особливо при наявності навантажень різко змінного, імпульсного характеру). Надзвичайно актуальним є використання накопичувачів для вирівнювання графіків подачі потужності в енергосистемах на основі КСВЕУ.

Ефективне використання іоністорів у КСВЕУ на вітрових установках забезпечує якісну електричну енергію в моменти зміни напрямку або сили вітру, віддаючи необхідну кількість енергії для компенсації провалів напруги, забезпечуючи необхідні параметри електричної енергії.

Пристрої АВР відносно прості, і вартість їх незначна, тому економічний ефект від їхнього впровадження в КСВЕУ є значним. Тривалість дії пристроїв АВР у загальному випадку обмежується двома умовами. По-перше, час безструмової паузи повинен бути більше часу деіонізації середовища в місці короткого замикання і менше часу, що забезпечує самозапуск включених двигунів після відновлення напруги. Час, який рекомендується встановлювати для АВР, має бути рівним 0,5..1,5 с, для однократного АПВ - 0,5...2 с, для дворазового АПВ у другому циклі - 10...15 с.

При оперативному відключенні джерел електропостачання пристрої АВР виводяться з роботи, тобто вони не виконують повторного включення і включення резервного джерела.

Пристрої автоматики використовуються в КСВУ для автоматичного пуску й зупинки електрогенеруючих агрегатів, автоматичного включення генератора, регулювання частоти і розподілу активної потужності між паралельно працюючими агрегатами. Також автоматичні вимикачі використовуються для переключення на резервне джерело живлення у випадку відсутності енергії від жодного з джерел КСВЕУ, тобто сонця, вітру чи АКБ.

#### IV. ВИСНОВКИ

У результаті роботи прогнозовано потужність сонячних модулів та вітрової установки, яка забезпечить споживачів електричною енергією потужністю 15 кВт., залежності від розмірів КСВУ: діаметру 5 м. і висотою 9 м. При зміні цих параметрів є можливість досягнути іншого рівня електричної потужності.

Ефективне використання іоністорів у КСВЕУ на вітрових установках забезпечує якісну електричну енергію в моменти зміни напрямку або сили вітру, віддаючи необхідну кількість енергії для компенсації провалів напруги, забезпечуючи необхідні параметри електричної енергії.

Визначено, що використання в системі КСВЕУ елементів релейного захисту та автоматики позитивно вплине на ефективність та надійність електропостачання споживачів 2-ї та 3-ї категорії.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Бабенко Г. А. Вітроенергетичний комплекс України – дослідження, проблеми, перспективи / Новини енергетики. – 2003. – С.1-17.
- [2] Да Роза, Альдо. Возобновляемые источники энергии / А. да Роза; [пер. с англ. под ред. С.П.Мальшенко и О.С.Попеля]. – М.: Интеллект, 2010. – 703 с.
- [3] Безруких, П.П. Использование энергии ветра / П.П. Безруких. – М.: Колос, 2008. – 196 с.