

Если номинальное линейное напряжение генератора U_H отличается от 220 В, то в этом случае величина фазной емкости должна быть изменена по сравнению с табличными данными в обратном отношении квадратов напряжений, т.е. она может быть вычислена по формуле:

$$C = C_{\text{табл.}} \cdot \left(\frac{220}{U_H} \right)^2, \quad (5)$$

где $C_{\text{табл.}}$ – емкость, определенная по таблице; U_H – номинальное линейное напряжение генератора.

Если соединение конденсаторов треугольником не представляется возможным и необходимо перейти к соединению звездой, то емкости, указанные в таблице, следует увеличить в три раза.

Выводы. 1. Достоинством асинхронных генераторов является то, что эти машины, работая с

синхронными генераторами, не имеют "качаний", т.к. асинхронный генератор не подвержен выпадению из синхронизма.

2. При коротком замыкании сети ток короткого замыкания асинхронного генератора становится равным нулю.

3. Для самовозбуждения автономного асинхронного генератора необходим правильный подбор емкости параллельно включенных конденсаторов – это одно из условий.

1. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины, часть вторая. – М-Л-С. – С. 247.

2. Шиндер К.И. Асинхронные машины. ГОНТИ. – М-Л., 1938. – С. 172.

3. Иванов А.А. Асинхронные генераторы. – Л., Госэнергоиздат. – 1948. – С. 18.

УДК 621.548

А.М.Донець (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Аналіз існуючих видів вітродизельних систем

У статті розглядається класифікація вітродизельних енергосистем. Аналізуються основні компоненти системи з урахуванням їх переваг та недоліків.

Ключові слова: вітроелектрична установка, асинхронний генератор, синхронний генератор, автономна вітродизельна електросистема.

В статье рассматривается классификация ветродизельных энергосистем. Анализируются основные компоненты системы с учетом их преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: ветроэлектрическая установка, асинхронный генератор, синхронный генератор, автономная ветродизельная электросистема.

Розвиток електричних систем з централізованою подачею енергії призвів до занепаду багатьох децентралізованих енергетичних систем. Проте є райони, де відсутнє централізоване енергопостачання. Крім того, у зв'язку з віддаленістю і високою вартістю прокладки ліній електропередач під'єднання до них є економічно нераціональним. Для локального енергозабезпечення віддалених споживачів доцільно використовувати дизельні системи, оскільки вони мають відносно просту структуру і є достатньо надійними. Але у

зв'язку зі стрімким зростанням цін на дизельне паливо, включаючи транспортні витрати у віддалені райони, які часто є домінуючим фактором витрат, бажано використовувати вітродизельні системи при належних кліматичних умовах, що дає можливість знизити вартість генерованої електроенергії.

Можливі два основні методи роботи системи: з безперервною або переривчастою роботою дизеля [2]. Кожен метод має переваги і недоліки. Найпростішим методом інтеграції енергії вітру в

дизельну систему є під'єднання вітроелектричної установки (ВЕУ) до мережі таким же чином, як і до централізованої електромережі. Коли сила вітру достатня для роботи вітроагрегату, корисне навантаження на дизель-установці скорочується. Для більшого рівня економії пального потрібно вимикати дизель-генератор, коли швидкість вітру достатня для забезпечення споживачів. Але в цьому випадку система повинна містити додаткові вузли (акумулятори енергії, демпфіруюче навантаження) і систему управління, що ускладнює і веде до здорожчання системи. Необхідно враховувати, що майже завжди один із ключових моментів – це скорочення загальних витрат при виробництві електроенергії. Таким чином, економія пального не повинна досягатися за рахунок значного збільшення вартості всієї системи. Крім того, часте вмикання і вимикання дизельного двигуна спричиняє скорочення терміну його служби.

Найчастіше вітродизельна система складається з наступних основних компонентів:

- одна або декілька вітроустановок;
- одна або декілька дизельних установок;
- навантаження споживача;
- додаткове кероване або демпфіруюче навантаження;
- система акумуляування енергії;
- блок управління (включаючи управління навантаженням).

Для опису вітродизельних систем скористаємося чотирикомпонентною класифікацією (табл. 1), адаптованою із системи Манна і МакГоуана [1].

Розглянемо більш детально види кожного компонента з урахуванням їх недоліків і переваг.

1. Тип генератора вітроустановки і дизель-генератора.

Зазвичай для складної електросистеми характерною є наявність більше одного генератора. До дизеля під'єднується синхронний, а до вітроагрегатів – асинхронний (індукційний) генератор. Такі генератори отримують реактивну

енергію для збудження від синхронної машини або від батареї конденсаторів [3].

2. Управління системою.

- Демпфіруюче навантаження.

Таблиця 1. Чотирикомпонентна класифікація вітродизельних систем

Тип генератора вітротурбіни і дизель-генератора	
I	Індукційний
II	Синхронний
III	Індукційний або синхронний із перетворювачем змінний/постійний струм
Управління системою	
A	Немає
B	Демпфіруюче навантаження
B	Акумуляування
Г	Управління навантаженням
Д	Ротор турбіни
Акумуляування енергії	
1	Немає
2	Батарея
3	Маховик
4	Гідравлічне пневматичне
5	Резервуар з водою
6	Кінцеве використання
Конфігурація	
A	Одна ВЕУ/один дизель
B	Одна ВЕУ/декілька дизелів
B	Декілька ВЕУ/один дизель
Г	Декілька ВЕУ/декілька дизелів

Коли максимальна миттєва енергія вітру більша, ніж навантаження споживача, постає питання зниження напруги та частоти на виході генератора. У цьому випадку, принаймні, необхідно забезпечити демпфування надлишкової потужності. Як демпфер можна використати резистор, керуванням параметрів якого здійснюється за допомогою перетворювачів енергії різної конструкції. При можливості зайва потужність направляється на деяке вторинне використання, наприклад, для обігрівачів приміщень або в систему внутрішнього гарячого водопостачання. Схема системи з демпфіруючим навантаженням наведена на рис. 1 [1].

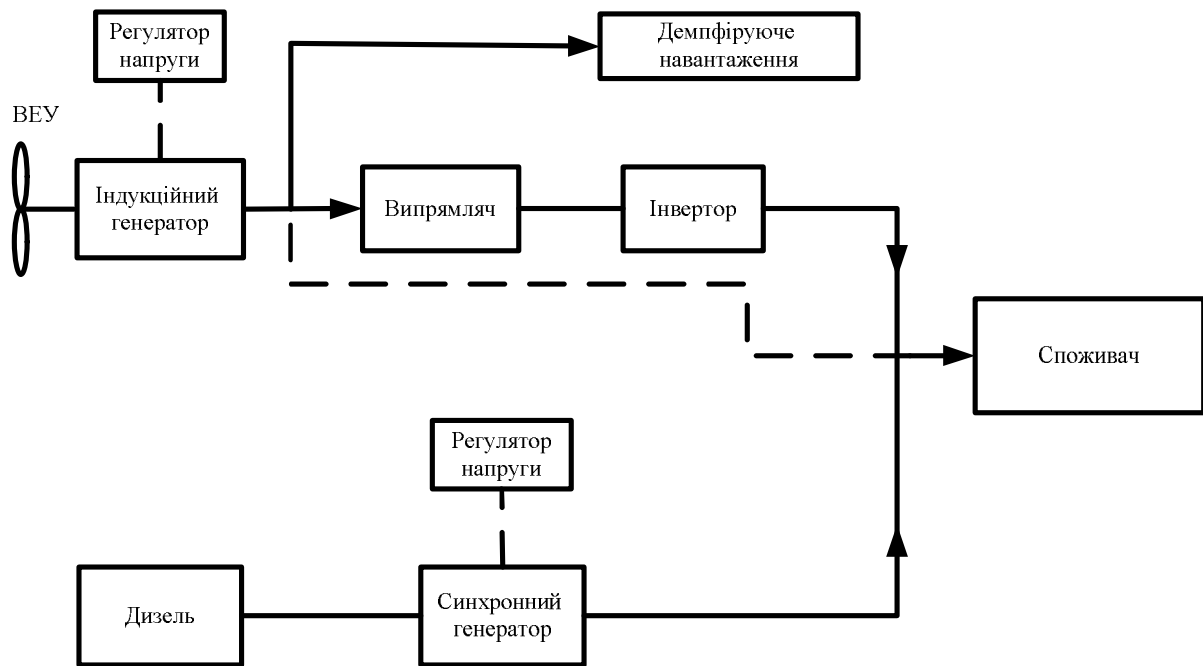


Рис. 1. Схема вітродизельної системи з демпфіруючим навантаженням.

- Акумулявання. Акумулятори енергії так само дозволяють утилізувати надлишкову потужність і використовувати її при спаді генерації [5].

- Управління навантаженням включає швидше регулювання самого навантаження, ніж регулювання подачі енергії для того, щоб максимально ефективно скористатися наявною енергією вітру. Можливості управління навантаженням у значній мірі залежать від характеристик попиту на енергію на певній ділянці мережі, що повинно бути максимально визначено. Для ефективного управління навантаженням потрібно, щоб включення деяких видів навантаження здійснювалося з тимчасовою затримкою [4]. Незручністю є те, що така система не завжди може використовуватися та вимагає додаткових витрат на обладнання.

- Ротор вітроустановки. Метод передбачає безпосередньо регулювання потужності вітру шляхом позовжнього керування нахилу лопаті і, отже, регулювання швидкості обертання ротора. Значним недоліком є те, що використання механічних систем зміни нахилу лопатей можливе лише на деяких вітроустановках, на яких, ймовірно, також доведеться використовувати систему управління, яка повинна швидко реагувати на зміни струму [2].

3. Акумулявання енергії.

Для незалежних від енергосистеми вітродизельних систем використання енергетичного буфера часто є необхідністю. Накопичувач енергії може призначатися для різних цілей, головні з яких наступні [6]:

- Згладжування короточасних коливань силового та/або споживчого навантаження генератора ВЕУ для поліпшення якості електроенергії в мережі (короткострокове накопичення).

- Зниження числа циклів "пуск-зупинка" дизель-генераторного агрегату (коротко- і середньострокове накопичення).

- Зниження витрати пального (коротко- і середньострокове накопичення).

- Вирівнювання середнього за тривалістю і тривалого надлишку силового і/або споживчого навантаження генератора ВЕУ (довгострокове накопичення).

- Зменшення часу запуску дизеля і відповідне збільшення часу бездіяльності дизельного агрегату (короткострокове накопичення).

У вітродизельних установках використовуються накопичувачі енергії чотирьох типів, що розрізняються за своїми технічними параметрами.

В них можуть використовуватися батареї акумуляторів, маховики, резервуари гідравлічного тиску та гідросурси (перетворення кінетичної енергії в гідростатичну потенціальну енергію і

навіпаки). Схеми систем із використанням накопичувачів енергії на батареях та за допомогою гідравлічних акумуляторів наводяться на рис. 2 і рис. 3 [1].

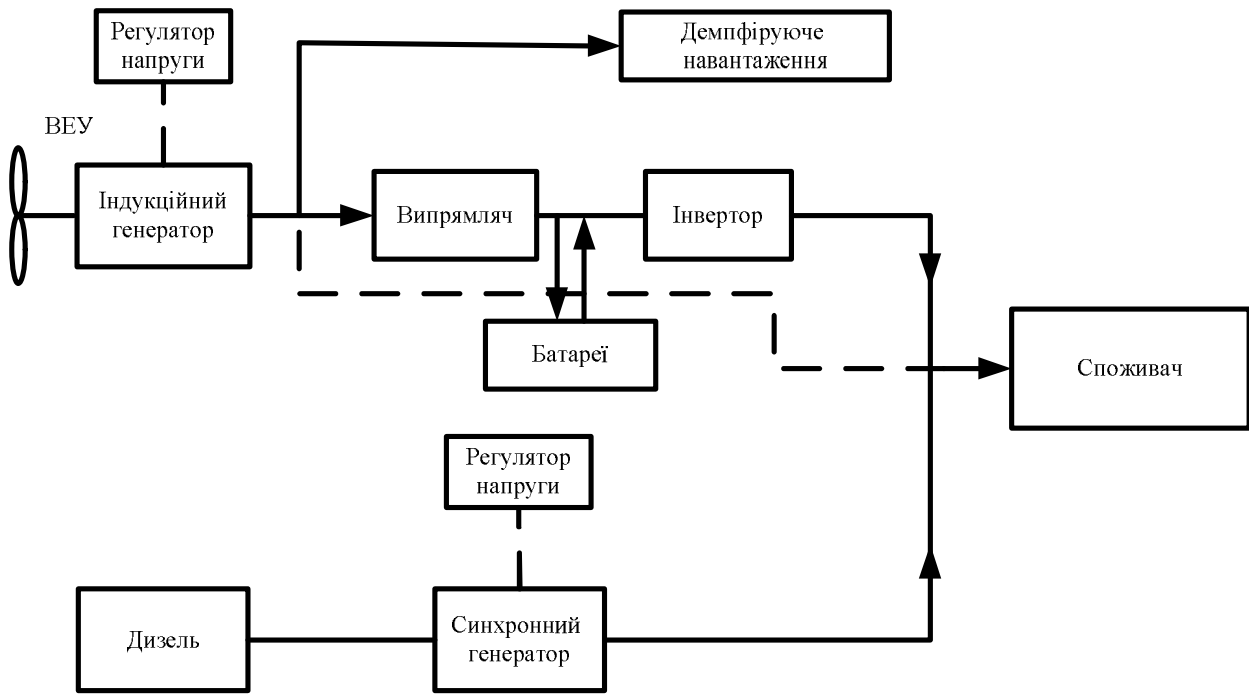


Рис. 2. Вітродизельна система з використанням накопичувачів енергії на батареях.

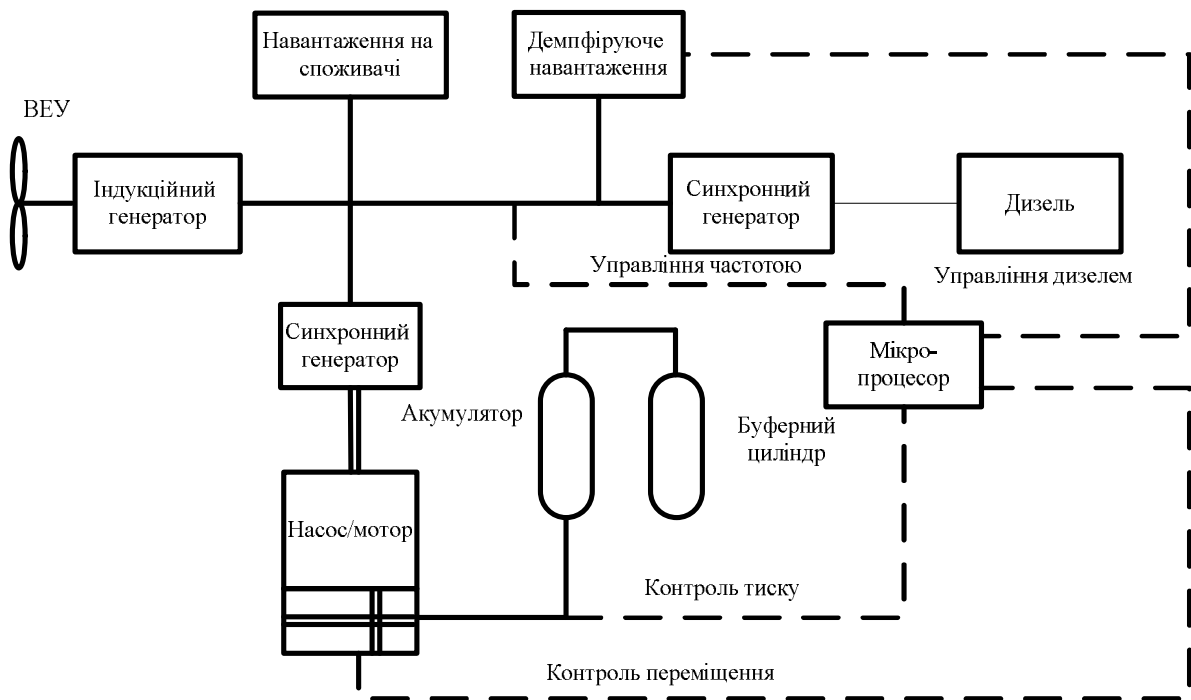


Рис. 3. Вітродизельна система з гідравлічним акумулятором енергії.

Якщо система працює з переривчастою роботою дизеля, то є місце введення акумуляторів енергії в систему для збільшення економії пального. Але слід враховувати, що потрібно додатково ускладнювати архітектуру системи, що призводить до значного її подорожчання. Економія пального не повинна досягатися за рахунок значного збільшення вартості всієї системи.

4. Конфігурація.

- Одна ВЕУ/один дизель.

• Одна ВЕУ/декілька дизелів. Ця конфігурація дозволяє урізноманітнити можливі варіанти роботи і стратегії управління. Зазвичай, найбільш ефективні дизелі працюють з їх номінальною продуктивністю. Коливання в навантаженні компенсуються одним менш ефективним дизелем, який може циклічно змінювати швидкість роботи.

• Декілька ВЕУ/один дизель. Оскільки турбулентність вітру є відносно некорельованою просторово, несприятливий вплив коливань енергії може бути зменшений шляхом застосування декількох вітроустановок. Встановлено, що зміна енергії має зменшуватися до величини квадратного кореня від числа вітроустановок. Таким чином, енергія від чотирьох ВЕУ буде змінюватися приблизно в два рази менше, ніж при використанні однієї ВЕУ.

• Декілька ВЕУ/декілька дизелів. Декілька вітроустановок зменшують коливання енергії та

присутність декількох дизелів також дозволяє працювати в широкому діапазоні режимів.

Висновки. Аналіз недоліків та переваг різних видів вітродизельних систем показує, що у випадку, коли першорядною вимогою споживача є високий ступінь використання ВЕУ у вітродизельній системі, надійність енергопостачання та якість електроенергії, потрібно використовувати систему з акумуляванням енергії, демпфіруючим навантаженням та системою керування. У випадку, коли ключовим фактором є вартість системи, доцільно використовувати систему без акумуляторів енергії та з безперервною роботою дизельної установки в ній, яка не вимагає системи керування.

1. *Ray Hunter and George Elliot*, 'Wind-Diesel Systems: a guide to the technology and its implementation', Cambridge university press (1994). – 245 p.

2. *H. Nacfaire*, 'Wind-diesel and wind-autonomous energy systems', New York (1989). – 193 p.

3. *Hansen, J. C, Madsen, P. H., and Lundsager, P.*, 'Wind Energy for Electrification in Developing Countries', Proc. European Wind Energy Association Conference (EWEC), Rome (1986). – 288 p.

4. *Vaughn Nelson*, 'Wind energy: renewable energy and the environment', CRC Press, New York (2014). – 316 p.

5. *Felix a. Farret, M. Godoy Simoñes*, 'Integracion of alternative sources of energy', IEEE Press, New Jersey (2006). – 471 p.

6. *Mukund R. Patel*, 'Wind and solar power systems', CRC Press LLC (1999). – 349 p.