

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОЇ МІСЦЕВОСТІ

В. В. Василенко, доктор технічних наук, професор

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

О. В. Джура, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ

В. П. Герасименко, асистент

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

E-mail: syavagvp@gmail.com

Анотація. *Через велику протяжність ліній електропередачі в сільській місцевості суттєві втрати в них є неминучими і при збільшенні споживання електроенергії будуть збільшуватися. У зв'язку з цим розробка шляхів зменшення втрат електроенергії при її транспортуванні лініями електропередачі є актуальною науковою проблемою.*

Останнім часом в країнах Європи почали знаходити впровадження асинхронні генератори з вентильним збудженням. Великою їх перевагою є можливість роботи в широкому діапазоні частот обертання. В Україні промислове виробництво таких генераторів поки що відсутнє.

Метою дослідження є розробка перспективних напрямків подальшого розвитку енергоефективних вітрових і дизель-вітрових систем розподіленої генерації з вітроустановками змінної частоти обертання в частині їх структурної побудови та принципів функціонування.

Розглянуті можливі типи систем розподільної генерації для сільської місцевості. Зважаючи на велику розгалуженість електричних мереж, це доцільно робити, використовуючи невеликі джерела або системи розподіленої генерації потужністю від декількох кіловат до десятків мегават. Такі системи можна створювати з залученням мікро-ГЕС, вітрових електростанцій, електродизельних і електрогазотурбінних агрегатів, сонячних батарей та електрохімічних накопичувачів енергії.

Розроблено та запропоновано схемотехнічні рішення вітро-дизельних систем розподіленої генерації низької і середньої напруги, які виконані на основі асинхронних генераторів з перетворювачами частоти в колах статора, та обертаються від віротурбін змінної частоти обертання. Підключення таких систем безпосередньо в точці під'єднання споживачів зменшує втрати в розподільчій мережі. Вони здатні працювати як на мережу, так і автономно під час аварійних ситуацій в електромережі.

Ключові слова: *система розподільної генерації, енергетика, енергія, генератор, вітродизельні системи, мережа*

Актуальність. За прогнозами 90-х років ХХ-го сторіччя Міжнародної Агенції з Енергетики споживання електричної енергії в Європі до 2020 року повинно зрости на 10 % [1], а згідно нещодавніх досліджень передбачається, що споживання електроенергії до 2050 року збільшуватиметься не менш ніж на 1 % в рік. Відомо, що через велику протяжність ліній електропередачі, в тому числі в сільській місцевості, суттєві втрати в них є неминучими і при збільшенні споживання електроенергії будуть збільшуватися. У зв'язку з цим розробка шляхів зменшення електроенергії при її транспортуванні лініями електропередачі є актуальною науковою проблемою. Ця стаття направлена на вирішення цієї проблеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У зв'язку з обмеженістю таких природних ресурсів як нафта, газ і вугілля, як енергоносії залучаються відновлювальні джерела енергії, а саме мікро-ГЕС, вітрові електростанції, електродизельні і електрогазотурбінні агрегати, сонячні батареї та електрохімічні накопичувачів енергії. У джерелах розподіленої генерації знайшли застосування як синхронні, так і асинхронні генератори (АГ). Асинхронні генератори з короткозамкненим ротором є надійними та не дорогими машинами. За прямого підключення до мережі активна потужність АГ регулюється зміною механічного моменту на його валу. Останнім часом в країнах Європи почали знаходити впровадження АГ з вентильним збудженням (ВЗ). В Україні промислове виробництво таких генераторів поки що відсутнє. Великою перевагою АГ з ВЗ є можливість роботи в широкому (1:2,5 нижче номінального) діапазоні частот обертання. Це є достатньо важливим, оскільки вітротурбіни змінної частоти обертання здатні за тих же номінальних потужностей виробляти на 8...15 % електроенергії впродовж року більше, ніж вітротурбіни постійної частоти обертання [2]. Для перетворення напруги постійного струму на виході АГ з ВЗ в напругу мережевої частоти необхідний додатковий електромашинний або трансформаторно-ключовий перетворювач. Наявність такого перетворювача в комплексі з системою

ВЗ надає можливість обмежити пускові струми АГ при його підключенні до мережі і забезпечити максимальну величину коефіцієнта потужності вітроустановки.

Мета дослідження – розробити перспективні напрямки подальшого розвитку енергоефективних вітрових і дизель-вітрових систем розподіленої генерації з вітроустановками змінної частоти обертання в частині їх структурної побудови та принципів функціонування.

Матеріали та методи дослідження. Наукові дослідження АГ з ВЗ дотепер були переважно зосереджені на вивченні особливостей його збудження і оптимізації автономного режиму роботи [3–5]. Дослідження АГ з ВЗ в режимі роботи на мережу практично відсутні. Вітродизельні системи (ВДС) генерування електричної енергії можуть функціонувати як автономно, так і в складі іншої енергосистеми [1–4]. Враховуючи достатньо високу вартість електроенергії, що виробляється дизель-генератором, алгоритми керування ВДС повинні розроблятися виходячи серед іншого з критерію мінімуму питомих витрат пального на одиницю виробленої електроенергії. Це означає, що в автономному режимі роботи від вітрогенераторних установок необхідно відбирати максимально можливу активну потужність, а різницю між потребою споживачів і сумарною вихідною потужністю вітрогенераторів повинні покрити дизель-генератори.

Деяким виробникам вдається [5] за сприятливих погодних умов досягти економії пального від 50 % до 70 % порівняно з дизельною системою. Отже, в вітродизельній системі розподіленої генерації (рис. 1) низької напруги (400 В) за відсутності аварійних ситуацій в мережі дизель-генератор можна вважати зупиненим і відключеним від мережі. Баластне навантаження в режимі роботи СРГ на мережу також не використовується. За такої умови розроблення алгоритму керування ВДС зводиться до розроблення алгоритмів керування систем збудження АГ1 і АГ2 та мережевого інвертора ІН1. Ці алгоритми повинні будуватися, виходячи з задач (функцій), які покладаються на вентиляний перетворювач (ВП), мережевий інвертор (МІ) та враховувати характеристики приводних турбін.

Результати досліджень та їх обговорення. Розглянемо СРГ (рис. 1, 2), яка підключена до тупикової вітки ліній електропередачі, тобто до вітки, яка не є транзитною і живиться лише з одного боку, якщо не брати до уваги джерел розподіленої генерації. Такі вітки досить характерні для сільської місцевості на території України. У процесі дослідження було розроблено два схемотехнічних варіанти побудови СРГ (рис. 1, 2). Вони відрізняються лише наявністю чи відсутністю узгоджувальних трансформаторів: у системі середньої напруги (рис. 1) вони є, а в системі низької напруги (рис. 2) відсутні. Отже СРГ середньої напруги містить два асинхронні генератори АГ1, АГ2 з короткозамкненим ротором, що збуджуються від напівпровідникових вентильних перетворювачів ВП1, ВП2, які зазвичай виконуються по схемі автономного інвертора напруги. Перетворювачі колом постійного струму включені паралельно.

Слід відмітити, що на практиці в колі постійного струму ВП для гасіння сплесків напруги, пов'язаних з аварійними режимами (обрив мережі), необхідно встановлювати послідовно з'єднані швидкодіючий ключ і резистор. Оскільки надалі в роботі аварійні режими не розглядаються, то, попередньо, будемо вважати зазначену резистивно-ключову ланку відсутньою.

Крім збудження генераторів, ВП також здійснюють відбір активної потужності з їх статорних обмоток до кола постійного струму. Трифазні інвертори напруги ІН1, ІН2 включені паралельно колом постійного струму і через дроселі LФ підключені до обмотки низької напруги (НН) трифазного силового трансформатора Тр1. Основна задача інверторів ІН1, ІН2 – забезпечувати транзит електричної енергії з кола постійного струму до Тр1. Призначенням дроселів є запобігання короткого замикання по ключам ІН1, ІН2 в разі їх несинхронного перемикавання. Вторинна обмотка Тр1 високої напруги (ВН) шунтована батареєю конденсаторів БК1 для фільтрації вищих гармонік напруги і через трифазний комутатор SW1 під'єднана до вітки середньої напруги 6(10) кВ. Приводами АГ1, АГ2 є вітротурбіни змінної частоти обертання.

врахування витрат на амортизацію, обслуговування і поточний ремонт становитиме 7 грн.

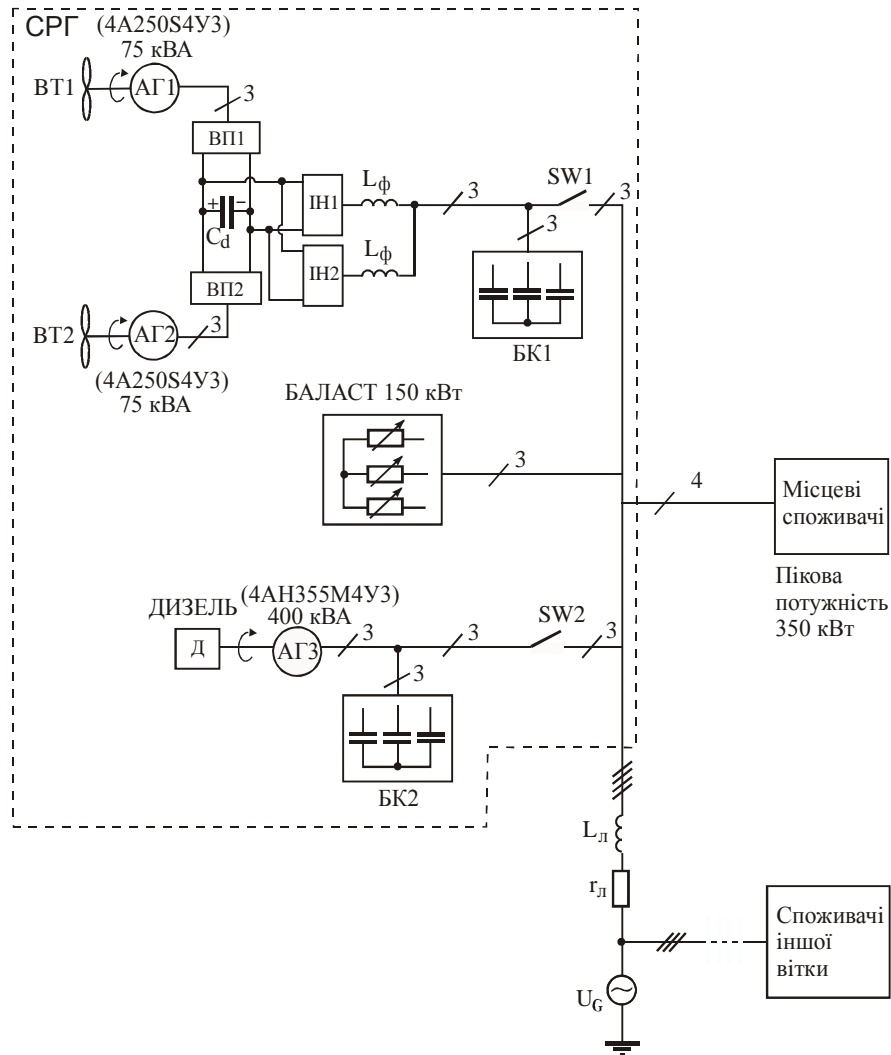


Рис. 2. СРГ напруги 400 В

Баластне навантаження, прикладом якого може бути електроводонагрівач, що забезпечує потреби громадських закладів (школа, лікарня), може підключатися як в автономному режимі роботи СРГ, так і за наявності зв'язку СРГ з мережею. Підключення баласту в автономному режимі роботи є обов'язковим для забезпечення мінімально рекомендованої завантаженості дизельного двигуна.

Місцеві споживачі в СРГ (рис.1) підключаються до вітки через узгоджувальний силовий трансформатор Тр3 6(10) кВ/400 В. Варіант СРГ низької напруги (рис. 2) відрізняється від попередньо розглянутого відсутністю узгоджувальних мережевих

трансформаторів. За такого варіанту джерела розподіленої генерації під'єднуються на стороні низьковольтної обмотки (400 В) місцевого розподільчого трансформатора.

Отже, вибір того чи іншого варіанта залежатиме від взаємного розташування споживачів та джерел розподіленої генерації і їх потужності.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті дослідження розроблено та запропоновано схемотехнічні рішення вітро-дизельних систем розподіленої генерації низької (400 В) і середньої (10 кВ) напруги, які виконані на основі асинхронних генераторів з перетворювачами частоти в колах статора, та обертаються від вітротурбін змінної частоти обертання. Підключення таких систем безпосередньо в точці під'єднання споживачів зменшує втрати в розподільчій мережі. Розглянуті системи здатні працювати як на мережу, так і автономно під час аварійних ситуацій в електромережі.

Список літератури

1. Induction Generator in Distributed Generation. Режим доступу: <http://www.ukessays.co.uk/essays/engineering/induction-generator-in-distributed-generation.php>
2. Rajveer Mittal, K. S. Sandhu, D. K. Jain. An Overview of Some Important Issues Related to Wind Energy Conversion System (WECS), International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 1, No. 4, October 2010.
3. Simões M. G., Chakraborty S., Wood R., Induction Generators for Small Wind Energy Systems", IEEE Power Electronics Society, Newsletter 19, 2006.
4. Мазуренко Л. И., Лищенко А. И. Асинхронные генераторы с вентильным и вентильно-емкостным возбуждением для автономных энергоустановок. – К.: Наук. думка, 2011. – 271 с.
5. D. Vukadinovic, M. Basic. A stand-alone induction generator with improved stator flux oriented control. J. of Electrical Engineering, Vol. 62, No. 2, 2011.

References

1. Induction Generator in Distributed Generation. Available at: <http://www.ukessays.co.uk/essays/engineering/induction-generator-in-distributed-generation.php>
2. Rajveer, Mittal, Sandhu, K. S., Jain, D. K. (2010). An Overview of Some Important Issues Related to Wind Energy Conversion System (WECS), International Journal of Environmental Science and Development, 1 (4).

3. Simões, M. G., Chakraborty, S., Wood, R. (2006). Induction Generators for Small Wind Energy Systems", IEEE Power Electronics Society, Newsletter 19.

4. Мазуренко Л. И., Лищенко А. И. Асинхронные генераторы с вентильным и вентильно-емкостным возбуждением для автономных энергоустановок. – К.: Наук. думка, 2011. – 271 с.

5. Vukadinovic, D., Basic, M. (2011). A stand-alone induction generator with improved stator flux oriented control. J. of Electrical Engineering, 62, (2).

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

В. В. Василенко, А. В. Джюра, В. П. Герасименко

Аннотация. *Через большую протяженность линий электропередачи в сельской местности существенные потери в них неизбежны, и при увеличении потребления электроэнергии будут увеличиваться. В связи с этим разработка путей уменьшения потерь электроэнергии при ее транспортировке линиями электропередачи является актуальной научной проблемой.*

В последнее время в странах Европы начали внедряться асинхронные генераторы с вентильным возбуждением. Большим их преимуществом является возможность работы в широком диапазоне частот вращения. В Украине в промышленном производстве такие генераторы пока отсутствуют.

Целью исследования является разработка перспективных направлений дальнейшего развития энергоэффективных ветровых и дизель-ветровых систем распределенной генерации с ветроустановками переменной частоты вращения в части их структурного построения и принципов функционирования.

Рассмотрены возможные типы систем распределительной генерации для сельской местности. Учитывая большую разветвленность электрических сетей, это целесообразно делать, используя небольшие источники или системы распределенной генерации мощностью от нескольких киловатт до десятков мегаватт. Такие системы можно создавать с привлечением микро-ГЭС, ветровых электростанций, электродизельных и электрогазотурбинных агрегатов, солнечных батарей и электрохимических накопителей энергии.

Разработаны и предложены схемотехнические решения ветро-дизельных систем распределенной генерации низкого и среднего напряжения, выполненные на основе асинхронных генераторов с преобразователями частоты в цепях статора, и вращаются от ветротурбин переменной частоты вращения. Подключение таких систем непосредственно в точке подключения потребителей уменьшает потери в распределительной сети. Они способны работать как на сеть, так и автономно при аварийных ситуациях в электросети.

Ключевые слова: *энергетика, энергия, генератор, ветродизельные системы, сеть*

WAYS TO IMPROVE RURAL LOCAL POWER SUPPLY SYSTEM

V. Vasilenko, O. Dzhura, V. Gerasimenko

Abstract. *Due to the large length of transmission lines in rural areas, significant losses in these areas are inevitable and will increase with increased electricity consumption. In this regard, the development of ways to reduce the losses of electricity during its transportation by transmission lines is a pressing scientific problem.*

Recently, asynchronous generators with valve excitation have begun to find themselves in European countries. Their great advantage is the ability to operate in a wide range of speeds. There is no industrial production of such generators in Ukraine.

The purpose of the study is to develop perspective directions for the further development of energy efficient wind and diesel-wind systems of distributed generation with variable speed wind turbines in terms of their structural construction and principles of operation.

Possible types of distribution systems for rural areas are considered. Due to the large branching of power grids, it is advisable to do so using small sources or distributed generation systems with power from a few kilowatts to tens of megawatts. Such systems can be created with the involvement of micro-hydroelectric power plants, wind power plants, electro-diesel and gas turbine units, solar panels and electrochemical energy storage.

Schematic and technical solutions of low and medium voltage distributed diesel generating systems are developed and proposed. Connection of such systems directly at the point of connection of consumers reduces losses in the distribution network. They are capable of operating both on the network and autonomously during emergencies in the power grid.

Key words: *distributive generation systems, power engineering, energy, generator, wind power systems, network*