

УДК 621.316.11: 311.163

СИСТЕМА РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ДЛЯ СІЛЬСЬКОЇ МІСЦЕВОСТІ

Василенко В.В.¹, Джура О.В.², Герасименко В.П.³

¹ д-р. техн. наук, професор, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин;

² канд. техн. наук, с.н.с., Інститут електродинаміки АН України, м. Київ

³ асистент, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин

Анотація: в даній статті розглянуті можливі типи систем розподільної генерації для сільської місцевості. Зважаючи на велику розгалуженість електричних мереж це доцільно робити використовуючи невеликі джерела або системи розподільної генерації (СРГ) 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.

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

Постановка проблеми: За прогнозами 90-х років ХХ-го сторіччя Міжнародної Агенції з Енергетики споживання електричної енергії в Європі до 2020 року повинне 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 електропередач, в тому числі в сільській місцевості, суттєві втрати в них є неминучими і при збільшенні споживання електроенергії будуть збільшуватися. Взяку з цим розробка шляхів зменшення електроенергії при її транспортуванні по лініям електропередач є

актуальною науковою проблемою. Дана стаття направлена на вирішення цієї проблеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій: У зв'язку з обмеженістю таких природних ресурсів як нафта, газ і вугілля, в якості енергоносіїв залучаються відновлювальні джерела енергії, а саме мікро-ГЕС, вітрових електростанцій, електродизельних і електрогазотурбінних агрегатів, сонячних батарей та електрохімічних накопичувачів енергії. В 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 номіналу) 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: На основі аналізу останніх досліджень і публікацій 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.

Виклад основного матеріалу: 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. 1.1) низької напруги (400 В), модель якої розглядалась раніше, 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 вентиляльний перетворювач (ВП), мережевий інвертор (МІ) та враховувати характеристики приводних турбін.

Розглянемо СРГ (рис. 1.1, 1.2), яка підключена до тупикової вітки ліній електропередач, 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. В процесі дослідження було розроблено два схемотехнічних варіанти побудови СРГ (рис. 1.1, рис. 1.2). Вони відрізняються лише наявністю чи відсутністю узгоджувальних трансформаторів: в системі середньої напруги (рис. 1.1) вони є, а в системі низької напруги (рис. 1.2) 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 по колу 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 по колу 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.

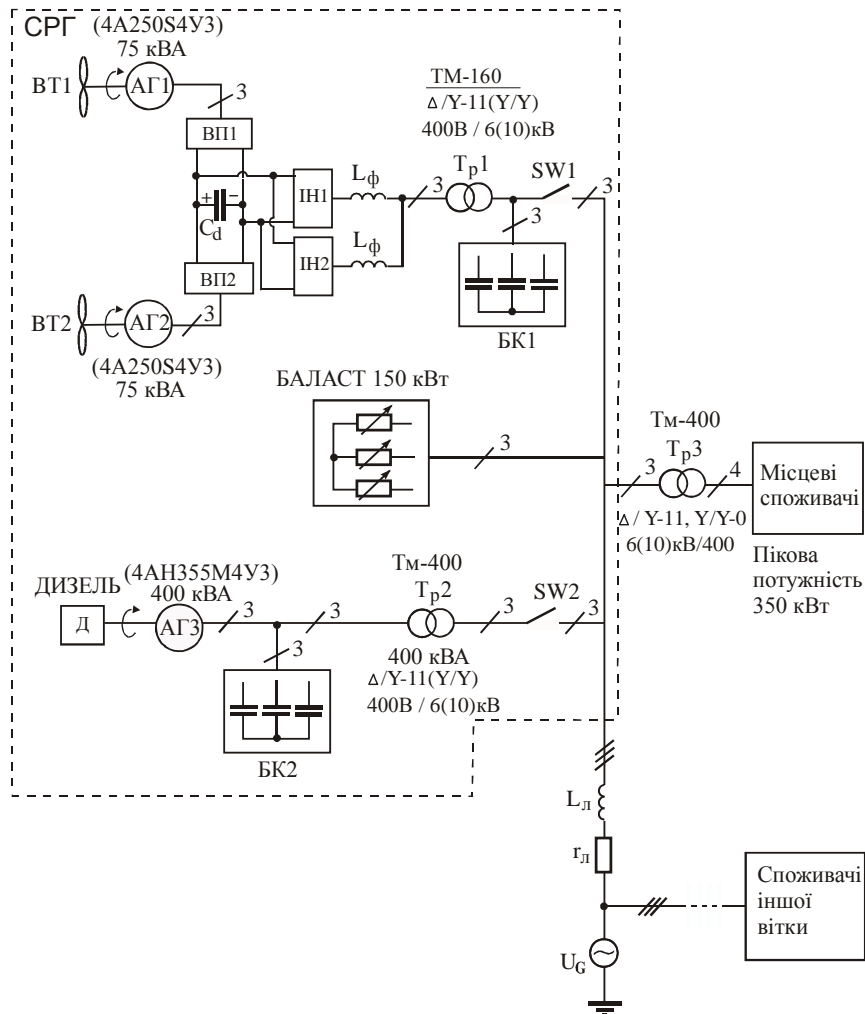


Рисунок 1.1. СРГ напруги 6(10) кВ

Генератор АГ3 має конденсаторну систему збудження (БК2) і приводиться в рух дизельним двигуном Д. Потужність від генератора АГ3 надходить до мережі через узгоджувальний силовий трансформатор Тр2 і комутатор SW2.

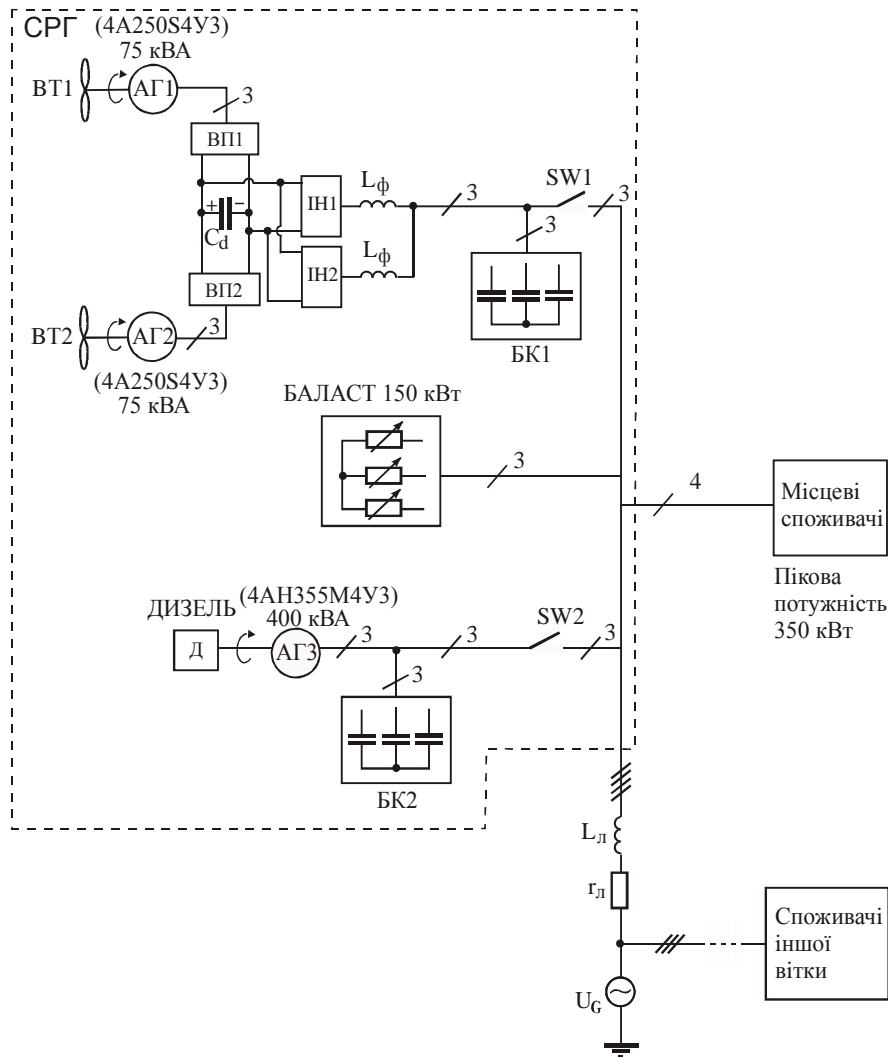


Рисунок 1.2. СРГ напруги 400 В.

Слід зазначити, що дизель-генератори як правило застосовують в автономних режимах роботи СРГ, коли через аварії в мережі централізоване енергопостачання відсутнє. Виключенням можуть бути часи пікового навантаження на вітку, що супроводжуються великими просіданнями напруги на стороні споживача. Пояснюється це достатньо великою вартістю електричної енергії, що виробляється дизель-генераторами. Зокрема, за вартості дизельного палива 20 грн/літр і питомих витратах дизельного палива 0,25 л/кВт·год, вартість однієї кіловат-години навіть без врахування витрат на амортизацію, обслуговування і поточний ремонт становитиме 5 грн.

Баластне навантаження, прикладом якого може бути електроводонагрівач, що забезпечує потреби громадських закладів (школа, лікарня), може підключатись 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.1.1) підключаються до вітки через узгоджувальний силовий трансформатор ТрЗ 6(10) кВ/400 В. Варіант СРГ низької напруги (рис.1.2) відрізняється від попередньо розглянутого відсутністю узгоджувальних мережевих трансформаторів. За такого варіанта 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: В результаті дослідження розроблено та запропоновано схемотехнічні рішення вітро-дизельних систем розподіленої генерації низької (400В) і середньої (10кВ) 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 використаних джерел:

1. Induction Generator in Distributed Generation
<http://www.ukessays.co.uk/essays/engineering/induction-generator-in-distributed-generation.php>
2. Rajveer Mittal, K.S.Sandhu and 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 and M. Basic, A stand-alone induction generator with improved stator flux oriented control. J. of Electrical Engineering, vol. 62, No. 2, 2011.

Аннотация: В данной статье рассмотрены возможные типы систем распределенной генерации для сельской местности. Известно что через большую протяженность линий электропередач существенные потери в них неизбежны. Уменьшить потери на транспортировку электрической энергии возможно, если расположить электрогенерирующие мощности вблизи конечного потребителя. Учитывая большую разветвленность электрических сетей целесообразно использовать небольшие источники или системы распределенной генерации (СРГ) 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.

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

Abstract: Possible types of distributive generation systems for rural areas are considered in this paper. Known that due to the long length of transmission lines significant losses in them are inevitable. It is possible to reduce the losses on the transportation of electric energy if you place the power generating capacity near the end user. Due to the large branching of electrical networks, it is advisable to use small sources or Distributed

Generation Systems (DGS) from a few kilowatts to tens of megawatts. Such systems can be created with the involvement of micro-hydropower plants, wind power plants, electro-diesel and electro-gas turbine units, solar panels and electrochemical energy storage units.

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