

УДК 621.316.761.2

Ю. Варецький, Я. Пазина, Я. Наконечний  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електричних мереж і систем

## ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З РОЗПОДІЛЕНИМ ГЕНЕРУВАННЯМ

© Варецький Ю., Пазина Я., Наконечний Я., 2004

**Decentralized electric power generation is playing a more and more important role in power systems. Decentralized electric power generation or so called distributed generation (DG) can have a significant impact on the power flow and voltage profile in electrical network as well as on power quality indices. This requires a suitable means to analyze the influence of such technologies on the electrical networks. In this paper performance peculiarities of the electrical network including DG are considered.**

**1. Вступ.** Під поняттям “розподілене генерування” розуміють роботу невеликих електричних генераторів, які приєднують або безпосередньо до розподільної мережі, або на стороні споживача, з потужностями, звичайно меншими від 10...15 МВт. Технології розподіленого генерування включають фотоелектричні генератори, вітрові турбіни, мікрогазові турбіни, генератори з двигунами внутрішнього згоряння [1, 2, 5, 7, 9]. Ці технології стрімко розвиваються і займають своє місце на ринку енергії. В Україні теж спостерігається ця тенденція завдяки розвитку енергетичного ринку, економічній привабливості когенеруючих джерел енергії, технологічним досягненням у використанні відновлюваних енергоносіїв. Передумовами розподіленої генерації є постачання споживачів електроенергією за зниженою собівартістю зі зниженими втратами порівняно з традиційним централізованим постачанням. Додатково місцеві ресурси, які включають відновлювані джерела енергії, можуть бути використані. Проте розподілене генерування може мати істотний вплив на режим електричної мережі та якість електроенергії, що важливим є і для споживачів, і для постачальників електроенергії. Цей вплив може бути або позитивним, або негативним, залежно від особливостей електричної мережі та характеристик генераторів [2].

Якість електроенергії стала важливою проблемою за останнє десятиріччя завдяки відчутному збільшенню використання силової електроніки в системах електропостачання споживачів. Впровадження розподіленого генерування може відчутно впливати на цю проблему і, як правило, ускладнює її [3]. Розподілене генерування може покращити рівень напруги у мережі [4, 8]. Під'єднані через інвертори генератори вносять спотворення синусоїдності напруги в мережі. Коливання потужності, яка генерується в мережу деякими електростанціями, наприклад, вітровими і фотоелектричними, може спричинити коливання напруги [8, 10]. З іншого боку, розподілена генерація може покращити надійність електропостачання [10].

У цій статті викладено деякі результати аналізу якості електроенергії в електричних мережах з розподіленою генерацією.

### **2. Якість електроенергії**

**2.1. Відхилення напруги.** Активна потужність, яку виробляють розподільні генератори, приводить до зменшення притоку активної потужності від електроенергетичної системи і, деякою мірою, стабілізує напругу вузла. Своєю чергою, реактивна потужність, яка генерується або споживається розподіленими генераторами, може викликати збільшення або зниження напруги залежно від

типу використаної технології розподіленого генерування. Синхронний генератор може генерувати або споживати реактивну потужність, але асинхронний генератор тільки споживає реактивну потужність. Враховуючи також характеристику електричної мережі, вказані особливості можуть вносити істотні зміни в характер змін напруги вузла зі зміною навантаження генераторів.

**2.2. Провали напруги.** Провали напруги можуть спричинитися перемиканнями в електричній мережі, короткими замиканнями та їх вимкненнями, запусками двигунів чи генераторів розподілених мікроелектростанцій, раптовим вимкненням блока великої електростанції. Провал напруги під час запуску асинхронного генератора мікроелектростанції спричиняється збільшенням споживання у цей час реактивної потужності. Провали напруги можуть спричинити неправильну роботу захисту цієї мікроелектростанції. Як наслідок, короткі замикання в мережі можуть закінчитися її вимкненням внаслідок тимчасового зниження напруги.

**2.3. Коливання напруги.** Зміни активної потужності деяких генераторів розподілених станцій, як наприклад, вітрових, фотоелектричних, мікро-ТЕЦ можуть викликати коливання напруги в мережі. Це, своєю чергою, може спричинити флікер напруги, який проявляється через миготіння світла від джерел освітлення у споживачів. Зміна швидкості вітру і вібрації вежі турбіни спричиняють пульсації генерованої потужності. Рух хмар викликає коливання потужності фотоелектричних генераторів. Режими роботи мікро-ТЕЦ здебільшого ґрунтуються на вимогах теплового навантаження споживачів. Зміни споживання тепла спричиняють зміни генерування електричної потужності.

**2.4. Вищі гармоніки.** Генератори розподілених станцій можуть вносити вищі гармоніки в електричну мережу. Спектральний склад гармонік залежить від схем перетворювачів і схеми під'єднання генераторів. Сучасні схеми перетворювачів частоти, інверторів, випрямлячів здатні забезпечити низьке спотворення синусоїдності напруги на виході. Невеликі генератори розподілених станцій також можуть бути джерелами спотворення синусоїдності напруги, залежно від конструкції обмоток, насичення магнітної системи тощо [2]. Загалом вищі гармоніки, які вносять генератори розподілених станцій, як правило, обмежуються застосуванням досконаліших силових напівпровідникових перетворювачів і додаткових засобів обмеження.

**2.5. Коефіцієнт потужності.** Як було згадано вище, асинхронні генератори широко використовують для розподіленого генерування. Асинхронні генератори виробляють активну потужність, проте споживають реактивну потужність. Якщо потужність під'єднаних асинхронних генераторів є співрозмірною з потужністю навантаження вузла, то це може погіршити коефіцієнт потужності в системі електропостачання. З іншого боку, у разі застосування синхронних генераторів коефіцієнт потужності в системі електропостачання може бути покращений завдяки їх здатності генерувати реактивну потужність. До того ж вимоги регулювання коефіцієнта потужності можуть вплинути на характер змін напруги в системі електропостачання.

**2.6. Несиметрія.** Під'єднання однофазних генераторів розподіленої генерації до електричних мереж низької напруги може створювати несиметрію напруг у системі. Така ситуація може викликати перегрівання асинхронних двигунів і генераторів у мережі внаслідок низьких значень опорів зворотної послідовності цих машини. Синхронні машини і силові напівпровідникові перетворювачі також є чутливими до несиметрії напруги.

**3. Висновки.** Генератори розподіленого генерування змінюють рівень напруги в електричній мережі. Для синхронних генераторів це є позитивним чинником і може забезпечити підтримання напруги в системі електропостачання згідно з вимогами норм якості. Протилежна картина спостерігається з асинхронними генераторами. Істотним у цьому є вплив робочого коефіцієнта потужності генераторів розподіленої генерації. На особливу увагу заслуговує вивчення впливу коливань генерованої потужності таких станцій, як вітрові чи фотоелектричні, що може викликати чутливі стохастичні коливання напруги в приєднаній мережі в межах від секунд до годин. Тому перед впровадженням вибраної технології розподіленого генерування у заданій електричній мережі повинні бути досліджені можливі режими її роботи з огляду на вказані особливості.

Поширення використання технологій розподіленого генерування потужності в існуючих електричних мережах потребує відповідних засобів дослідження та оцінки їх впливу на якість елек-

троенергії в цих мережах. Разом з тим, виникає необхідність опрацювання міжнародних стандартів щодо характеристик різних технологій з огляду на їх експлуатацію в електричних мережах.

1. Ackermann T., Andersson G., Soder. L. *Distributed generation: a definition // Electric Power System Research*. — 2000, Vol. 57. — P. 195—204. 2. Barker P.P., De Mello R.W. *Determining the impact of distributed generation on power systems: Part 1 — Radial distribution systems // PES Summer Meeting, IEEE*. — 2000, Vol. 3. — P. 1645—1656. 3. Jenkins N., Allan R., Crossley P., Kirschen D., Strbac G. *Embedded Generation // The Institute of Electrical Engineers*. — London, 2000. 4. Jensen K.K. *Guidelines on grid connection of wind turbines // CIRED International Conference on Electric Power Distribution Engineering, France, June 1999, 5 p*. 5. Lopes J.A.P. *Integration of dispersed generation on distribution networks — impact studies // PES Winter Meeting, IEEE, 2002, Vol. L*. — P. 323—328. 6. *Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines*. — IEC Standard, Cffi/IEC 61400-21, 2001. 7. Milanovic J.V.; David T.M. *Stability of distribution networks with embedded generators and induction motors // PES Winter Meeting, IEEE*. — 2002. Vol. 2. — P. 1023—1028. 8. Scott N.C., Atkinson D.J., Morrell J.E. *Use of load control to regulate voltage on distribution networks with embedded generation // IEEE Trans, on Power Systems, Vol. 17, No 2, May 2002/* — P.510—515. 9. *Technical requirements for connection of dispersed generating systems operating in parallel on the distribution network. Document CIO/11 of the FPE/BFE, 7 May 2002*. 10. Vu Van T., Woyte A., Soens J., Driesen J., Belmans R. *Impact of distributed generation on distribution system power quality. Proc. of 6-th Int. Conf. Electrical power quality and utilization, Cracow, 2003*. — P. 585—591.

УДК 631.363

Я. Громко<sup>2</sup>, М. Когут<sup>1</sup>, Г. Куновський<sup>1</sup>,  
П. Ванкевич<sup>1</sup>, Т. Харандюк<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Львівський державний аграрний університет,  
кафедра технології металів, кафедра механіки,

<sup>2</sup>ВАТ “Західенерго”, Добротвірська ТЕС Львівської обл.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СТАНУ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

© Громко Я., Когут М., Куновський Г., Ванкевич П., Харандюк Т., 2004

**The work of power equipment in thermoelectric power stations is examined which is used for hard fuel crushing and feeding it in power state burn in boilers. Conclusions are as follows: for reliability increasing of mills tires shafts hammers of crushers and fans blades it is necessary to introduce new technologies of worm parts of surfaces and their strengthening at the stage of their manufacture by plants — suppliers.**

**Постановка проблеми та завдання дослідження.** Проблемою підвищення надійності та довговічності енергетичного обладнання займається ряд установ Міністерства паливно-енергетичного комплексу, де основні результати досліджень узагальнено в нормативних документах, де рекомендовано способи ремонту і реставрації спрацьованих деталей та методи забезпечення їхньої експлуатаційної довговічності. Разом з тим, недостатньо досліджень, які були би спрямовані на вивчення роботи відповідальних деталей енергетичного обладнання на операціях підготовки та розмолу вугілля до порохоподібного стану та спалювання його в котлах теплових електричних станцій.

У зв'язку з тим в роботі ставимо такі завдання:

— виконати довготривалі спостереження за роботою вальців млинів МВС-140А, молотків дробарок СМД-97А та лопаток вентиляторів ВВСН-3 в умовах їх експлуатації на Добротвірській ТЕС;

— застосувати методи статичної обробки даних щодо експлуатаційної довговічності переліченого вище обладнання;