

Автоматизація оптимального керування вітроустановок вітрових електричних станцій

^{1,2} Вінницький національний технічний університет

Анотація. В даній роботі було розглянуто питання автоматизації оптимального керування вітроустановок. Показано важливість та актуальність застосування систем автоматизації оптимального керування вітроустановок на вітрових електростанціях. Розроблено алгоритм реалізації оптимальних режимів роботи ВЕС, та особливості апаратної реалізації таких систем.

Ключові слова: Вітроустановка, система автоматизації, оптимальне керування.

Abstract In this paper, the issue of automation of optimal control of wind turbines was considered. The importance and relevance of the use of automation systems for optimal control of wind power plants at wind power plants are shown. An algorithm for the implementation of optimal operating modes of wind farms and features of hardware implementation of such systems have been developed.

Keywords: Wind turbine, automation system, optimal control.

Вступ

В даний час, все більш вагомим стає питання зменшення використання традиційних паливних ресурсів, це пов'язано не лише з їх прогнозованим вичерпанням, а й з екологічної і економічної точки зору. Адже з кожним роком вартість таких ресурсів лише збільшується, а ефективність їх використання практично не змінюється в порівнянні зі зростанням попиту на електроенергію. Тому постає завдання більш доцільного використання відновлювальних джерел енергії, які наносять набагато менше шкоди екології ніж традиційні джерела енергії. Це завдання можна частково розв'язати шляхом застосування новітніх систем автоматизації оптимального керування відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ) [1].

Алгоритм реалізації оптимальних режимів роботи ВЕС

Основною складовою є структурна схема алгоритму оптимального управління режимом роботи Вітрової електричної станції (ВЕС), яка в послідовності функціонування контуру автоматичного управління, передбачає за запитом від оператора або у автоматичному циклі опитування зчитування статусу підсистеми управління з бази даних ОВК, який оновлюється в контурі адаптації. Якщо статус активний, значить управління дозволено, то передається команда на зчитування стану готовності пристрою автоматичного контролю. В іншому випадку на засоби відображення автоматизованого робочого місця (АРМ) диспетчера ВЕС виводиться інформація про заборону управління за даним критерієм оптимальності.

Якщо система автоматичного керування (САК) вітроенергетичними установками (ВЕУ) знаходиться в стані готовності (апаратна частина працездатна, попередній керуючий вплив реалізовано), то визначаються оптимальні керуючі впливи за значеннями локальних параметрів. В даному випадку дублюється аналогічна процедура контуру адаптації, але облік параметрів, які виміряні безпосередньо на об'єкті управління, дозволяє підвищити адекватність управління. Крім того, підвищується надійність роботи локальних САК, оскільки під час тимчасового переривання інформаційних потоків, з'являється можливість виконувати розрахунок умовно-оптимальних впливів по локальним параметрами. В даному випадку локальні САК продовжують працювати з урахуванням попередніх налагоджувальних параметрів збережених в базі даних САК ВЕУ.

У разі виходу певних оптимальних впливів за межі задані настроювальними параметрами зони нечутливості, подається команда по реалізації керуючих впливів САК ВЕУ і запис оптимальних параметрів регульовального пристрою в базу даних ОВК, ніж реалізується зворотний зв'язок з контуром оперативного управління. Якщо, оптимальні параметри знаходяться в зоні нечутливості, то виводиться відповідна інформація на пристрій моніторингу АРМ диспетчера ВЕС.

Диспетчер інформується при успішній відпрацювання циклу управління підсистеми, після чого підсистема переходить в режим очікування, продовжуючи працювати відповідно до власного циклом опитування. Таким чином, використання алгоритму оптимального і автоматичного управління дозволяє виконувати оптимізацію режиму роботи ВЕС, відповідно до розроблених законами управління.

Особливості узгодження графіків генерування відновлюваних джерел енергії та заряду акумуляторної батареї

Для забезпечення ефективної роботи умовно-керованих ВЕС необхідно враховувати їх вплив на надійність електропостачання споживачів і якість електроенергії відпущеної споживачам. Це є досить складним завданням, беручи до уваги імовірнісний характер режимів роботи таких джерел.

Імовірнісний характер генерування значно ускладнює організацію оперативного управління режимами локальних електричних систем в результаті унеможливує підтримування умовно-керуваними ВДЕ заданого графіка генерування потужності, та видачі її споживачам.

Типова структурна схема вітряної електростанції приведена на рис. 1. Видача потужності виконується через інвертори, які підключені паралельно, на систему шин 0,4 кВ. Такий спосіб приєднання дозволяє управляти режимами видачі потужності окремих інверторів лише за рахунок недовикористання вітрової енергії, що є недоцільним, враховуючи прибутковість експлуатації.

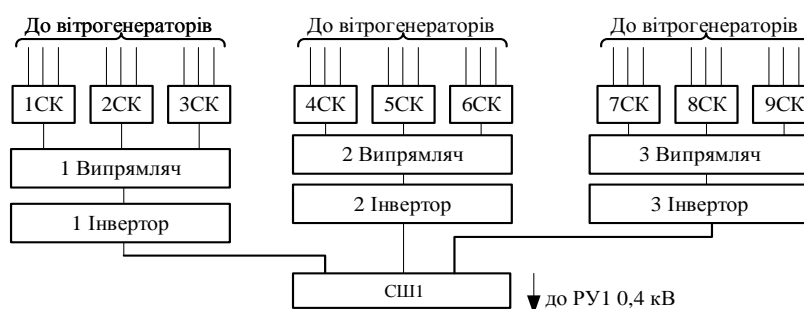


Рисунок 1 - Головна схема електричних з'єднань вітряної електростанції

Зростання обсягів нарощуваною потужності ВДЕ в окремих точках приєднання призводить до неможливості видачі електроенергії без погіршення її якості [3]. З метою вирішення цього завдання власники джерел енергії змушені вкладати кошти в будівництво додаткових ліній електропередач і, фактично, розподіляти генеруючу електроенергію однієї електростанції між фідерами ЛЕС [4].

За рахунок цього структурні схеми таких електростанцій набувають вигляду, поданий на рис. 2.

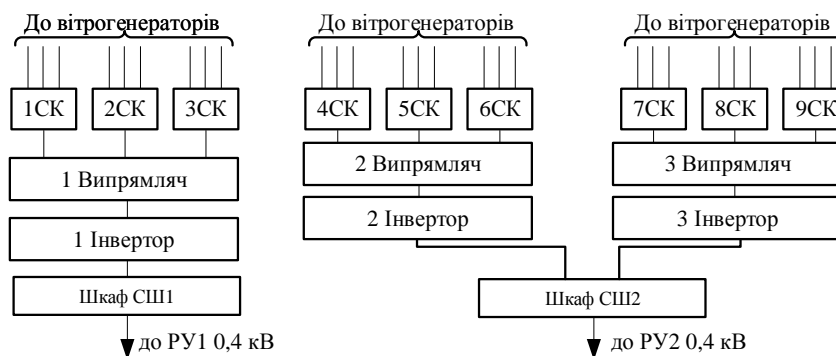


Рисунок 2 - Головна схема електричних з'єднань вітряної електростанції з резервованою схемою видачі потужності

Для узгодження графіків генерування ВЕС з локальним електроспоживання балансується в роботі запропоновано удосконалити спосіб оперативного коректування схеми приєднання інверторів, тобто зміни схеми видачі потужності в ЕС [6].

На відміну від [5], в запропонованій схемі виконується оперативне коректування схеми приєднання сонячних панелей на постійному струмі, з допомогою реверсивних DC контакторів, які оснащені спеціальною дугогасильною камерою (рис. 4).

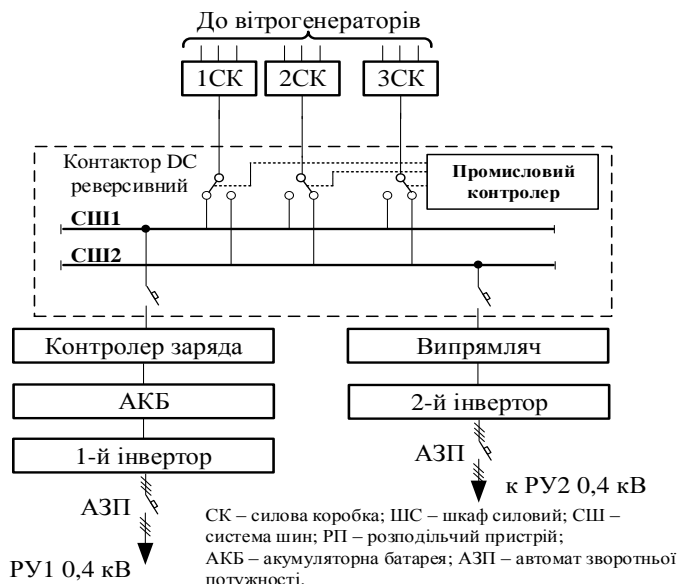


Рисунок 3 - Головна схема з'єднань вітрової електростанції з резервованою і керованою видачею потужності

Для дотримання заявленого графіку видачі потужності ВЕС на регульовану систему шин (СШ2) підключається необхідну кількість вітрогенераторів відповідно до поданої заявки на даний період доби. Надлишок виробленої електроенергії видається на акумуляторну батарею через контролер заряду, який підключений до іншої системи шин (СШ1).

Для реалізації способу передбачається використання електронних ключів відповідної потужності або керованого комутаційного обладнання 0,4 кВ, встановленого в силовій шафі (ШС). Крім того, необхідно встановити автомати зворотної потужності (АЗП) (рис. 3).

Структурна схема вітряної електростанції, яка подана на рис. 3, дозволить оперативно узгоджувати графіки видачі потужності на одній з систем шин з локальної навантаженням за рахунок автоматичного перерозподілу потужностей з виходів ВЕУ між секціями шин постійного струму. Для цього використовується мікропроцесорний пристрій локальної САК і канал зв'язку з оперативно-інформаційним комплексом ЛЕС, за якою з бази даних зчитуються поточні значення оптимальної потужності ВДЕ.

При такій схемі приєднання електричної станції забезпечується можливість роботи однієї секції шин в базовому режимі - відповідно до графіка місцевого електроспоживання. На другу секцію шин, пов'язану безпосередньо з акумуляторною батареєю, будуть видаватися надлишки електроенергії, вироблені вітряною електростанцією, які використовуються в разі недотримання заявленого графіка генерування.

Такий підхід дозволяє зменшити обсяг і вартість встановленої акумуляторної батареї без погіршення керованості і прибутковості ВЕС.

Особливості апаратної реалізації автоматизованої системи управління схемою видачі потужності відновлюваних джерел енергії в локальних електричних системах

Відповідно до вищевказаної структури і запропонованим способом узгодження графіків генерування ВЕС з локальним електроспоживанням балансується на рис. 4 показані особливості апаратної реалізації автоматизованої системи управління ВЕС. Відповідно до запропонованого способом оперативного корегування схеми видачі потужності до ЕМ апаратна реалізація передбачає застосування керованих комутаційних апаратів (контакторів), паспортні дані яких залежать від номінальної потужності ВЕУ, які встановлені на ВЕС.

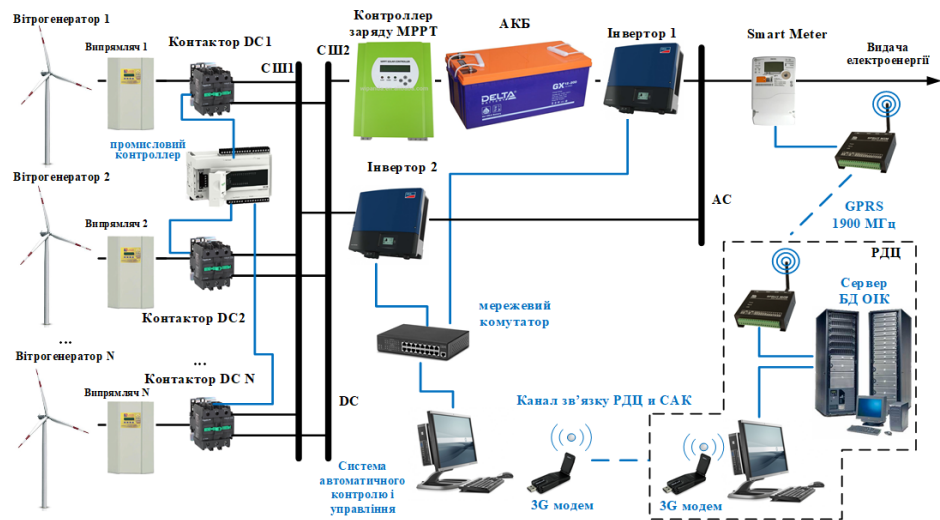


Рисунок 4 - Особливості апаратної реалізації АСК схемою видачі потужності ВДЕ

Промисловий контролер порівнює інформацію про поточні значення напруги і струму на шинах ВЕС із значенням оптимальної потужності і збереженої в базі даних оперативно-інформаційного комплексу РДЦ. Інформація про поточні значення струму і напруги на керованій системі шин зчитується з бази даних оперативно-інформаційного комплексу та комунікаційних виходів інверторів.

Залежно від результатів роботи алгоритму на регульовану систему шин підключається кількість ВДЕ, які здатні забезпечити споживання в ЛЕС з дотриманням показників якості та мінімальних втрат електроенергії. Надлишок виробленої електроенергії видається на систему шин з акумуляторною батареєю.

Застосування зазначеної апаратної реалізації автоматизованої системи управління дозволить удосконалити існуючу систему засобами дискретного управління. Це дозволить підвищити ефективність функціонування локальної електричної системи, а також поліпшити показники якості електроенергії та дасть можливість оперативного управління режимами роботи рассредоточеного генерування без погіршення їх прибутковості.

Висновки

1. Розробка ефективної математичної моделі узгодження добового графіка локальної електричної системи і графіка споживання «активних споживачів», а також розробка на її основі законів управління САК є актуальним завданням. Для реалізації оптимального управління доцільно застосовувати двоконтурну САК ВЕС. Побудова ефективного алгоритму управління генеруванням ВЕС дозволить здійснювати оптимальне керування нормальними режимами ЕС в темпі процесу.

2. Розроблено алгоритм прийняття рішення щодо доцільності керуючих впливів і алгоритм оптимального управління генеруванням ВЕС, що при застосуванні їх спільно з пристроєм САК ВЕС дозволяє автоматизувати ряд функцій оперативного управління.

3. За результатами проведених теоретичних досліджень на основі аналізу нерівномірності сумарного добового графіка локальної електричної системи можна визначити необхідний обсяг зсуву графіка споживання «активних споживачів» протягом доби для забезпечення максимального вирівнювання сумарного добового графіка. Узгодження графіків електричних навантажень локальної електричної системи і генерування вітряних електростанцій в ній дозволяє підвищити енергоефективність системи електропостачання завдяки зменшенню втрат електроенергії в мережі, поліпшення якості напруги і збільшення надійності електропостачання споживачів.

4. Запропоновано спосіб і закон оптимального управління оптимального управління схемою приєднання інверторів для зміни схеми видачі потужності в ЕС. Алгоритмічна реалізація розробленого способу застосована для узгодження графіків генерування ВЕС з локальним електроспоживання балансується в АСК схемою видачі потужності ВДЕ. Також, відповідно до розробленого способом запропонований алгоритм функціонування мікропроцесорного пристрою управління схеми видачі потужності ВДЕ в локальних електричних системах.

5. Запропоновано варіант апаратної реалізації автоматизованої системи управління схемою видачі потужності ВЕС в локальних електричних системах. Пропонована автоматизована система управління ВДЕ базується на принципах функціонування Smart Grid, зі значною інтеграцією і автоматизацією процесів генерування, передачі і споживання електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурикін О.Б. Перспективи інтеграції розподілених джерел енергії у локальні енергосистеми на базі концепції Smart Grid / О.Б. Бурикін, Ю.В. Малогулко // «Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах». IV міжнарод. наук.-техн. конф.: матеріали конференції. – Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2012. – С. 37 – 40.

2. Бурикін О.Б. Спосіб узгодження графіків генерування сонячних електростанцій та споживачів енергії локальних електричних систем / О.Б. Бурикін, Ю.В. Малогулко, О.В. Нікіторович // Відновлювана енергетика XXI століття: XV міжнарод. наук.-техн. конф.: матеріали конференції. – Київ: Інститут відновлювальної енергетики НАН України, 2014. – С. 52-55.

3. Малогулко Ю.В. Ефективність сумісної експлуатації локальних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії / Ю.В. Малогулко // «Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах». V міжнарод. наук.-техн. конф.: матеріали конференції. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2014. – С. 146-149.

4. European Smart Grid, 2011 [Online]. Available: <http://www.smartgrids.eu/>.

5. National Institute of Standards and Technology, Standards Identified for Inclusion in the Smart Grid Interoperability Standards Framework, Release 1.0, Sept. 2009, [Online]. Available: <http://www.nist.gov/smartgrid/standards.html>.

6. M. Uslar, S. Rohjans, R. Bleiker, J. González, M. Specht, T. Suding and T. Weidelt. SURVEY OF SMART GRID STANDARDIZATION STUDIES AND RECOMMENDATIONS // Proceedings of 2010 Innovative Smart Grid Technologies Conf. Europe (ISGT Europe), Gothenburg, Oct. 2010.

7. Electric Power Research Institute Tech. Rep. – THE SMART GRID INTEROPERABILITY STANDARDS ROADMAP. – Aug. 2009, [Online]. Available: http://collaborate.nist.gov/twikisggrid/pub/SmartGridInterimRoadmap/InterimRoadmapFinal/Report_to_NIST1August10.pdf

8. Hussin A. Efficient approximation for the von Mises concentration parameter / A.Hussin, I.Mohamed // Asian Journal of Mathematics and Statistics. – 2008. – N.1. – P. 165–169.

9. IEC 61400-12-1:2005(E). Power performance measurements of electricity producing wind turbines / International Electrotechnical Commission. – Geneva, 2005. – 90 p.

10. It's rather like taking potluck // Wind Blatt. The Enercon magazine. – 2003. – N. 2: [Electronic sources]: <http://www.enercon.de>.

11. Landberg L. Short-term prediction of the power production from wind farms / L.Landberg // Journal of wind engineering and industrial aerodynamics. – 1999. – N. 80. – P. 207–220.

12. Landberg L. Short-term prediction-an overview / L.Landberg, G.Giebel, H.Nielsen // Wind Energy. – 2003. – Vol. 6. – P. 273–80.

13. Lei M. A review on the forecasting of wind speed and generated power / [M.Lei, L.Shuyan, J.Chuanwen and oth.] // Renewable and sustainable energy reviews. – 2009. – N. 13. – P. 915–920.

Юлія Володимирівна Малогулко — к.т.н., доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Juliya_Malogulko@ukr.net.

Семенюк Юрій Васильович — студент гр. ЕС-18м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 1e14b.semenyuk@gmail.com

Juliya V. Malogulko — Ph.D., Associate Professor of electrical stations and systems department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : Juliya_Malogulko@ukr.net.

Yurii V. Semeniuk —student of ES-18 group, department of electromechanics and electricity, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : 1e14b.semenyuk@gmail.com