

МІКРОЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АПК

Рубаненко О. О.

Вінницький національний аграрний університет

Наведено основні проблеми електропостачання підприємств АПК. Запропоновано для забезпечення надійності електропостачання підприємств АПК створювати мікромережі і досліджено методи керування ними.

Постановка проблеми. Споживачі електроенергії в сільському господарстві характеризуються значною розосередженістю по території та мають невеликі навантаження, що зумовлює певні особливості електропостачання [1].

Навантаження, низьковольтних мереж сільських населених пунктів складає від 3 до 8 кВт/км і становить у середньому 5 кВт/км, тому електропостачання підприємств агропромислового комплексу і населених пунктів у сільській місцевості відрізняється від електропостачання великих міст. Головним завданням електропостачання в АПК є подача електроенергії до великої кількості порівняно малопотужних об'єктів, розосереджених на значній території, в результаті протяжність мереж (у розрахунку на одиницю потужності споживача) у багато разів перевищує цю величину в інших галузях народного господарства [1].

На сучасному етапі розвитку електрифікації сільського господарства, особливо під час створення тваринницьких комплексів промислового типу, птахофабрик, тепличних комбінатів тощо, вмикання лінії електропередачі, як планове (для ревізії та ремонту), так і непередбачене, аварійне, завдає значних збитків споживачам і самій енергосистемі [1].

Проблеми електропостачання підприємств АПК, які здебільшого будують ближче до баз сировини, тобто які живляться від сільських електромереж, полягають у низьких темпах оновлення парку електрообладнання, значних втратах електроенергії при транспортуванні, що зумовлені значною протяжністю ЛЕП. Про це свідчать статистичні дані висвітлені в [2, 3]. До початку 2000 р. приблизно 30% повітряних ліній електропередач (630 тис. км) і трансформаторних підстанцій (140 тис. шт.), які забезпечували електропостачання 153000 сільських населених пунктів, підприємств агропромислового комплексу й об'єктів соціальної сфери, а також промислових підприємств, малих міст і селищ міського типу, розташованих на сільській території, відробили нормативний строк, у 2010 - ця величина склала 40%. Щорічно частка ушкоджень трансформаторів напругою 6...10/0,4 кВ становить ~ 2,5% (1300 штук), а трансформаторів напругою 35... 110 кВ ~ 1,2% від числа встановлених.

В річному звіті про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, за 2015 рік зазначено, що основні показники надійності електропостачання для електророзподільних компаній: індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі (SAIDI) - збільшився, та розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії (ENS) зме-

ншився порівняно з 2014 р., як показано на рис.1, на якому наведені статистичні дані за останні роки [3].

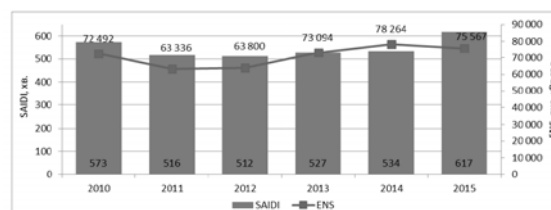


Рисунок 1 - Динаміка показників SAIDI та ENS за 2010-2015 роки

Зростання показників головним чином зумовлене підвищенням достовірності первинних даних за рахунок: підвищення точності реєстрації перерв в електропостачанні на рівні напруги 0,4-20 кВ [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тому актуальною є задача створення мікро електромереж (ММ) з розосередженими джерелами енергії (РДЕ), що не тільки дасть змогу забезпечити підприємство АПК надійним електропостачанням якісною електроенергією, а й буде додатковим джерелом прибутку. Тому що, у 2009 році в Україні було запроваджено пільговий механізм плати за електричну енергію, вироблену із використанням альтернативних видів енергії, за "зеленим" тарифом та її гарантовану купівлю оптовим постачальником електричної енергії. Величини "зеленого" тарифу встановлюються щоквартально в залежності від середнього офіційного курсу НБУ національної валюти до євро. Станом на 2015 рік "зелений" тариф встановлено 127 суб'єктам господарювання, що виробляють електричну енергію на 227 об'єктах електроенергетики з використанням альтернативних джерел енергії, з них у 2015 році – для 15 нових суб'єктів господарювання [3].

Для того щоб адаптувати створені ММ, потрібно забезпечити оптимальне керування параметрами нормальних режимів їх роботи. Для цього є актуальним використання SmartGrid технологій [4].

Ефективність роботи SmartGrid технологій в задачах оптимального керування параметрами нормальних режимів ММ визначається адекватністю алгоритмів і методів, які закладені в їх роботу.

Тому метою даної статті є дослідження методів оптимального керування параметрами нормальних режимів ММ.

Розглянемо два метода керування параметрами нормальних режимів ММ з РДЕ. Перший метод базується на онлайн-моніторингу значень активної і реак-

тивної потужності і здійсненні керуючих впливів при відхиленні їх значень від оптимальних, а другий метод керування базується на онлайн-моніторингу значень напруги і частоти і здійсненні керуючих впливів при відхиленні їх значень від номінальних [4]. Для амплітудного значення напруги і частоти, величина відхилення поточного значення від номінального впливає на оптимальне значення струмів в вітках, тому РДЕ повинні мати відповідні експлуатаційні характеристики і забезпечувати можливість роботи ММ в обох режимах, шляхом постійного контролю цього відхилення.

В ізолюваному режимі роботи, задача по забезпеченню номінального значення частоти і напруги і ММ вирішується за допомогою РДЕ, але з врахуванням поправочних коефіцієнтів, що залежать від потужності РДЕ і за допомогою яких корегується значення відхилення частоти і напруги. В режимі коли ММ підключена до централізованої розподільної електричної мережі, коефіцієнт відхилення встановлюється рівним нулю, щоб виключити вплив втрат потужності і похибку розрахунку, а також забезпечити потрібну потужність навантаження.

В статті розглянуто режими роботи ММ: функціонування мікромережі, як частини розподільної електричної мережі, функціонування мікромережі, в "острівному" режимі.

За останні декілька років, розподілена генерація все більше стає популярною завдяки своїм перевагам, таким як енергозбереження, охорона навколишнього середовища та інші [4]. Але існуючі методи оптимального керування параметрами нормальних режимів електроенергетичних систем складно адаптувати до мереж з значною кількістю РДЕ, тому технології створення ММ, є ефективним способом вирішення цієї проблеми. ММ - це розподільна електрична мережа низької номінальної напруги, яка складається з декількох РДЕ, акумуляторів енергії і навантажень, мікромережа може працювати в двох режимах [4]. В режимі "підключення": тобто ММ підключена до централізованої розподільної електричної мережі; в ізолюваному режимі – ММ відключена від централізованої розподільної електричної мережі, і режим плавного переходу ММ з одного режиму в інший.

Оптимальний режим роботи ММ залежить від надійної системи керування, тому потрібно вдосконалити алгоритми керування параметрами режиму мікромережі.

Більшість РДЕ підключаються до ММ через інвертори, тому оптимальне керування інвертором забезпечить стабільну і ефективну роботу ММ в цілому.

Для двох режимів роботи ММ існують різні експлуатаційні вимоги до РДЕ, в режимі, коли мікромережа підключена до централізованої електричної мережі (ЕМ), забезпечується номінальне значення напруги і частоти за допомогою засобів централізованої ЕМ. Якщо РДЕ еквівалентно джерелу струму, то для того щоб досягти оптимального значення перетоків активної і реактивної потужності в ізолюваному режимі, потрібно мати потужне РДЕ, яке дасть змогу забезпечити підтримку значень частоти і напруги на потрібному рівні і гарантувати генерацію потужності

для споживачів. Якщо РДЕ еквівалентно джерело напруги, то краще контролювати не переток потужності, а значення частоти і напруги.

Схема РДЕ в мікромережі показана на рис.1. На схемі, використовуються такі позначення: U_{dc} – напруга джерела постійного струму; L , C – фільтри; Z_{ln} – опір лінії; u_i , u_0 – відповідно вихідна напруга моста інвертора і вихідна напруга на конденсаторі; i_L , i_C , i_0 – відповідно струм котушки індуктивності, ємнісний струм і вихідний струм РДЕ. Контролер є ядром всієї системи керування, визначає режим роботи РДЕ.

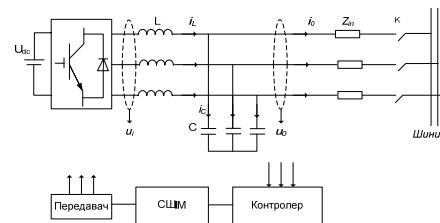


Рисунок 2 – Схема РДЕ в мікро мережі.

Коли контролер на рис. 2 працює за алгоритмом, що реалізує метод керування, за яким контролюються значення активної і реактивної потужності та здійснюються керуючі впливи при відхиленні їх значень від оптимальних, то тоді контролер – це типовий блок керування схема якого показана на рис. 4. P^* , Q^* – значення активної і реактивної потужності відповідно; u_{ref} – це регулятор вихідної напруги після модуляції сигналу; СШІМ – пристрій синусоїдальної широтно-імпульсної модуляції. Тільки струм індуктивності дає можливість отримати ефективний контроль всього процесу, основною метою вимірювання напруги на виході u_0 – отримання значень амплітуди, частоти і фази напруги ММ. Ця інформація потрібна для синхронізації з розподільною мережею. РДЕ, приймаючи режим керування по активній і реактивній потужності, не може бути опорним по частоті і напрузі, але може забезпечити потрібне значення потужності, тому цей метод керування краще себе зарекомендував в режимі, коли мікромережа підключена до централізованої розподільної ЕМ.

Схема контролера для режиму керування по відхиленню частоти і напруги показана на рис. 3. На відміну від попереднього методу, даний метод не потребує підключення до розподільних електричних мереж, а вихідне значення напруги і частоти контролюється безпосередньо самим контролером і залежить лише від РДЕ. Лінії електропередач низької напруги мікромережі можна віднести до мереж з переважаючим активним опором. Різниця між фазою (кутом) напруги на РДЕ і шинах споживача незначна, тому на значення P і Q впливає тільки різниця значень амплітуди на початку і кінці лінії. Реактивна потужність більше залежить від зміни фази (кута), тому рівняння на яких базується алгоритм керування можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} f^* = f_n + m(Q - Q_n) \\ U^* = U_n - n(P - P_n) \end{cases} \quad (1)$$

де f_n і U_n – це поточні значення частоти і амплітуда напруги; P_n і Q_n – це поточні значення активної і реактивної потужності (на шинах) РДЕ; m і n – коефіцієнти відповідності; частоти і амплітуда напруги; f^* і U^* – розрахункові значення частоти і напруги, які задовольняють усталеному режиму роботи мікромережі.

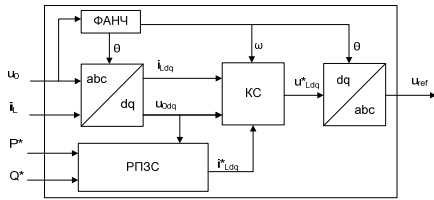


Рисунок 3 – Схема P/Q контролера:

ФАНЧ – блок фазового автоналаштування частоти; РПЗС – розрахунок поточного значення струму; КС – блок контролю струму.

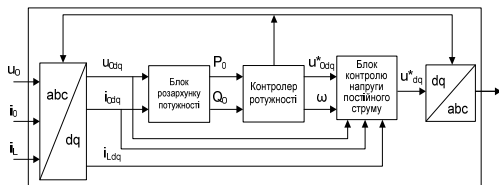


Рисунок 4 – Схема U/f контролера.

Перевага керування по частоті і амплітуді напруги полягає в тому що, потужність РДЕ змінюється пропорційно зміні f і U без переключення в "острівний" режим. З цією метою вводяться коефіцієнти m і n : для того щоб виконувались такі умови:

$$m_1 S_{n1} = m_2 S_{n2} = \dots = m_x S_{nx}; \quad n_1 S_{n1} = n_2 S_{n2} = \dots = n_x S_{nx},$$

де S_n – потужність РДЕ;

Вихідна потужність на шинах РДЕ визначається за формулами:

$$\begin{cases} Q = \frac{f - f_n}{m} + Q_n \\ P = \frac{U - U_n}{-n} + P_n \end{cases} \quad (2)$$

З рівняння (2) можна зробити висновок, що метод керування по частоті і амплітуді напруги більше адаптований для режиму при якому ММ підключена до централізованої розподільної ЕМ, тому що, для того щоб використовувати РДЕ як вузол опорний по частоті і напрузі потрібно переконатись, що на шинах РДЕ $f=f_{ном}$; $U=U_{ном}$, але зараз значення напруга і частоти задається за допомогою централізованої розподільної ЕМ і існують відхилення і похибки, із-за яких складно реалізувати точний контроль вихідної потужності РДЕ.

Висновки. Дослідження створення ММ в Україні є актуальною задачею, вирішення якої дасть змогу забезпечити потужні підприємства АПК якісною електроенергією в потрібному об'ємі. В статті розглянуто два режими роботи ММ і підібрано оптимальний метод керування для кожного режиму: "підключення" - тобто ММ підключена до централізованої розподіль-

ної ЕМ – метод керування по частоті і амплітуді; в ізолюваному режимі – ММ відключена від централізованої розподільної ЕМ – метод керування по активній і реактивній потужності. В подальшому планується розвинути метод керування, який полягає в контролі відхилення поточних параметрів режиму від номінальних під час переходу з ізолюваного режиму роботи в режим підключення до розподільної ЕМ, з метою забезпечення плавного переходу для зміни режимів роботи, а також може ефективно покращити динамічні характеристики регулювання напруги і частоти в ізолюваному режимі, і досягти прямого контролю значення потужності, що віддається в мережу.

Список використаних джерел

1. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу / Козирський В. В., Каплун В. В., Волошин С. М. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
2. Єгорова О. Комплексна оцінка якості електроенергії з урахуванням надійності електропостачання в сільських електромережах / О. Єгорова, М. Михалко // Системи обробки інформації – 2011. – №.5(95). – С.41-44.
3. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2015 році. Постанова НКРЕКП № 515 від 31.03.2016. [Електронний ресурс] / – К.: НКРЕКП, 2016. 154 с. – Режим доступу: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_2015.pdf.
4. Dong Y. Control strategy of low voltage microgrid based on equivalent reference current control / Yuanxiao Dong, Chen Bing, Li Qun, Liu Jianhua // Materials of China International Conference on Electricity Distribution (CICED 2014) Shenzhen. - 23-26 Sep. 2014. – P.70-76

Анотація

МИКРОЭЛЕКТРОСЕТИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Рубаненко Е. А.

Приведены основные проблемы электроснабжения предприятий АПК. Предложено для обеспечения надежности электроснабжения предприятий АПК создавать микросети и рассмотрены методы управления ими.

Abstract

MICROGRIDS AS A MEAN OF IMPROVING THE RELIABILITY OF POWER SUPPLY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

O. Rubanenko

The main problems of power supply of agricultural enterprises. Proposed to ensure the reliability of power supply agricultural enterprises to create a microgrid and methods of control.