

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КОМПЕНСАЦІЇ ГАРМОНІЧНИХ
СКЛАДОВИХ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Сивенко М. М., аспірант, e-mail: michael.syvenko@gmail.com
 Мірошник О. О., д.т.н., проф., e-mail: omiroshnyk@btu.kharkov.ua
 Пазій В. Г., ст. викл., e-mail: pazziy@btu.kharkov.ua
 Дудніков С. М., к.т.н., доц., e-mail: dukaser@ukr.net
 Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження. Наявність гармонійних компонентів, а також відхилення напруги і частот негативно позначаються на роботі локальних систем електропостачання та на ефективність використання електроенергії. Тому була досліджена проблема моніторингу і забезпечення якості електричної енергії на прикладі виявлення і придушення гармонік високих порядків струмів і напруги на різних ділянках мережі. Розроблено принципи побудови системи моніторингу, та реалізації методики, що заснована на використанні РМУ. Розроблено метод визначення оптимальних значень реактивних опорів для зниження рівня гармонійних коливань в локальних мережах з використанням динамічного компенсатора спотворення напруги.

Мета досліджень. Підвищення ефективності роботи локальних систем електропостачання шляхом контролю розподілу гармонік та впливу на керовані реактивні елементи системи за допомогою динамічного компенсатора спотворень напруги метод послідовних наближень.

Основні матеріали досліджень. На основі аналізу розподілення гармонік вищих порядків на різних ділянках енергосистеми можна створити схему управління роботою керованих конденсаторних компенсуючих пристроїв, активних і пасивних фільтрів[3]. Для проведення цієї процедури можливе використання приладів векторних вимірювань (РМУ). Для цього в вузлових точках енергосистеми (генератори, розподільчі підстанції) встановлюються датчики для вимірювання миттєвих значень струмів і напруг. Після обробки цієї інформації приймається рішення про вплив за допомогою динамічного компенсатора спотворень напруги (ДКСН) на змінні (керовані) реактивні елементи - ємність C_r і індуктивність L_r .

Використовуючи метод послідовних наближень, суть полягає в довільній зміні в малих межах одного з параметрів, наприклад, регулювану індуктивності, можливо здійснювати спостереження за реакцією системи. В якості цільової функції використовується відношення потужності основної гармоніки P_1 до потужності гармонік більш високих порядків P_{HH} .

$$\frac{P_1}{P_{HH}} = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

де: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ - значення змінних реактивних елементів, що впливають на частотні властивості мережі.

Слід зазначити, що x_1, x_2 , є змінними величинам, котрі можуть бути змінені дистанційно з центру управління. Значення x_3, x_4 і т.д. є квазіпостійними і змінюються в процесі зміни режимів роботи системи [2].

На рис. 1.а представлена спрощена схема заміщення локальної системи електропостачання. Для демонстрації підходу, як приклад при розрахунках, передбачається, що в нарузі присутня тільки третя гармоніка. Вона генерується як джерелом (генератором) e_g , так і нелінійним навантаженням e_3 , а також є два змінних реактивних елемента: ємність C_r , індуктивність L_r . З метою визначення принципіальної можливості налаштування змінних і пояснення підходу, розглянемо окремих випадок. Необхідно забезпечити максимально високу якість електричної енергії в точці приєднання (ab) лінійного електроприймача.

Припустимо, що індуктивність генератора L_g , розподілена ємність C_d , розподілена індуктивність L_d і індуктивність споживачів L_{nc} і L_{lc} незмінні. А регульована ємність C_r , індуктивність регульованого реактора L_r , вважаються змінними величинами.

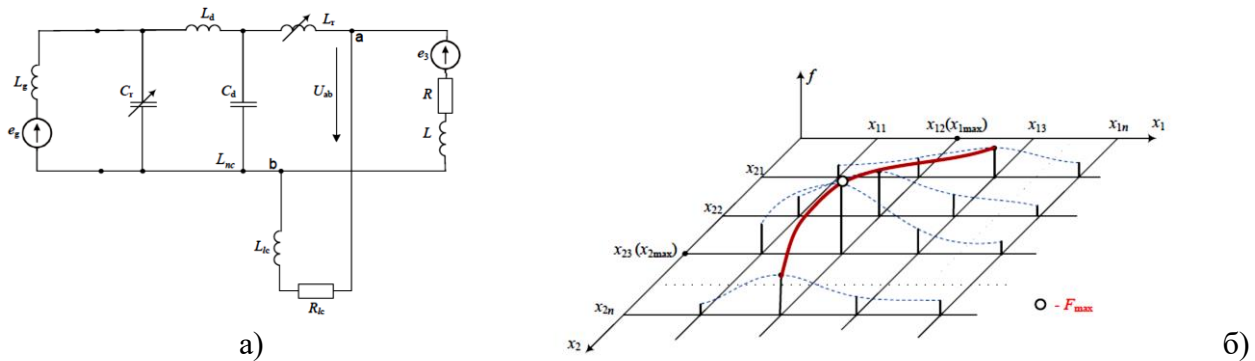


Рис. 1. а - схема заміщення локальної системи електропостачання, б - визначення максимуму цільової функції

На рис. 1.б графічно показана процедура визначення максимуму цільової функції при двох мінливих параметрах мережі [1-2]. В даному випадку x_1 - змінна ємність, а x_2 - змінна індуктивність. У цю модель вводяться початкові числові параметри постійних значень x_3 , x_4 та інші, а також мінімальні значення діапазону змінних x_1 і x_2 . Потім, фіксуючи перше значення змінної x_2 на початку заданого діапазону (x_{21}) збільшуємо змінну x_1 з кроком Δx_1 , від мінімального до максимального значення діапазону. Для кожного значення параметра x_1 розраховується співвідношення P_1/P_{HH} на ділянці мережі (ab) (рис. 1). Для цього використовуються традиційні методи розрахунку електричних мереж. Знаходимо значення x_{1max} , що відповідає максимальній цільовій функції (1), при даному значенні x_{21} . Далі задається приріст змінної x_2 з кроком Δx_2 :

$$x_{21} + \Delta x_2 = x_{22} \quad (2)$$

В наступному операція зміни x_1 повторюється знову для всього діапазону. В результаті знаходимо значення x_{1max2} при x_{22} . Цей процес триває до тих пір, поки змінна x_2 не досягне верхньої межі діапазону її зміни. Через отриманий масив даних визначаються кінцеві значення x_{1max} , x_{2max} . Ці значення відповідають найвищому з максимумів цільової функції. Основуючись на цих даних формується схема управління виконавчими механізмами ДКСН. У свою чергу пристрій ДКСН змінює значення f_1 і f_2 до f_{max1} і f_{max2} .

Висновок. Основуючись на аналізі розподілення гармонік вищих порядків за допомогою приладів векторних вимірювань, що розташовані в різних вузлових точках енергосистеми, та проводять вимірювання миттєвих значень струмів і напруг стає можливим найбільш ефективно використання динамічного компенсатора спотворень напруги при роботі за методом послідовних наближень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Syvenko, M., Miroshnyk, O., Moroz, O., Savchenko, O., Pavlov, A., Pazyi, V., Qawaqzeh, M., AlIssa, H.A., Danylchenko, D., Halko, S., Buinyi, R. Coverage of Load Schedule Peaks Using Power Storage Systems in 10 kV Electrical Distribution Networks (2022) 2022 IEEE 3rd KhPIWeek on Advanced Technology, KhPIWeek 2022 – Conference Proceedings, DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916479
2. Chris, M. Microgrid Evolution Roadmap Engineering, Economics, and Experience / M. Chris, S. Chatzivasileiadis, C. Abbey, G. Joos, P. Lombardi, P. Mancarella // 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST15)
3. Кулік М. М., Горбулін В. П., Кириленко О. В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали) / Інститут загальної енергетики НАН України, 2017.