

УДК 621.31

Опришко В.П., аспірант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ АКУМУЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Однією з ключових проблем функціонування сучасних систем електропостачання є нерівномірність графіків споживання та генерації електроенергії, яку необхідно вирішувати при реалізації концепції Smart Grid [1]. Згідно концепції Smart Grid, інтелектуальна мережа – це мережа яка використовує інноваційні засоби інтелектуального моніторингу, керування, зв'язку і технології самовідновлення, тобто мережа яка вирішує питання підвищення надійності електропостачання та безвідмовності роботи систем, підвищення енергетичної ефективності та збереження навколишнього середовища.

Вибір оптимальних умов використання джерел розподіленої генерації, аналіз та оцінка їх впливу на оптимальність функціонування мереж різних номінальних напруг є досить актуальними задачами. В сучасних електроенергетичних системах має використовуватись детальний аналіз процесів нерівномірності генерації та споживання електричної енергії, як локальних мереж, так і окремих підприємств із різкозмінними характеристиками електроспоживання [2].

Важливим завданням є формування загальної оптимізації оптимізаційної задачі керування роботою генератора (Supply Side) та навантаженням (Demand Side) з включенням критеріїв оптимальності, які б враховували можливість акумуляції електроенергії, моніторингу та оцінки оптимальності споживання та якості електроенергії [3].

Системи генерації, які використовують відновлювані джерела енергії, мають нерівномірний характер генерації, тому для більшості з них доцільним є використання систем акумуляції електроенергії (CAE). CAE призначені для забезпечення сталого, надійного електропостачання, незалежно від природних умов і часу доби.

Спрощена система електропостачання з застосуванням CAE представлена на рисунку 1, де Г – генератор; Н – навантаження; CAE – система акумуляції.

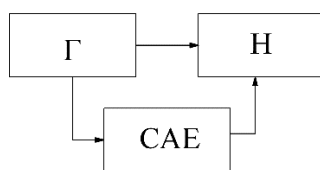


Рис.1 Спрощена система електропостачання з використанням CAE

При інтеграції CAE можливі три варіанти режимів функціонування локальної системи електропостачання:

- 1) безпосереднє живлення споживача від мережі

$$p_{\Gamma}(t) = p_{\text{H}}(t); \Delta t_{1,j}, j = 1, \dots, n_1;$$

- 2) живлення споживача та системи акумуляції від мережі

$$p_{\Gamma}(t) = p_{\text{H}}(t) + p_{\text{CAE,H}}(t); \Delta t_{2,j}, j = 1, \dots, n_1;$$

- 3) живлення споживача від мережі та/або системи акумуляції

$$p_{\text{H}}(t) = p_{\Gamma}(t) + p_{\text{CAE,\Gamma}}(t); \Delta t_{3,j}, j = 1, \dots, n_3.$$

де $p_{\Gamma}(t)$ – потужність генератора; $p_{\text{H}}(t)$ – потужність навантаження; $p_{\text{CAE,H}}(t)$ – потужність CAE в режимі споживання; $p_{\text{CAE,\Gamma}}(t)$ – потужність CAE в режимі генерації $\Delta t_{i,1}, \Delta t_{i,2}, \Delta t_{i,3}$ – часові інтервали, які відповідають тривалостям виділених режимів.

На етапі заряджання САЕ має властивості активного споживача, натомість на етапі розряджання, її режим роботи може бути представлений як генератор.

Для оцінки оптимальності процесу роботи даної системи запропоновано використати модифікований показник потужності Фризе на періоді τ , $Q_{\Phi, \tau}$ [4].

$$Q_{\Phi, \tau} = \sqrt{S_{\tau}^2 - P_{\tau}^2}. \quad (1)$$

На рис. 2 як приклад показано графік зміни струму генератора $I_{\text{ген}}$ та навантаження $I_{\text{н}}$ в системі електропостачання з САЕ, де використанні позначення: $I_{\text{баз}}$ – базовий рівень струму споживача, I_1, I_2, I_3 – відповідно струми споживача на інтервалах часу $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$.

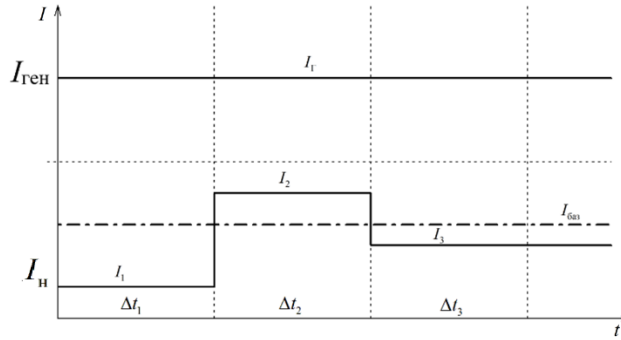


Рис. 2 Графік генерації та споживання

Припустивши, що напруга в системі незмінна, $U = const$, згенерований та спожитий струм має співпадати:

$$I_{\text{н}} \cdot T = (I_{\text{г}} - I_{\text{а1}})\Delta t_1 + (I_{\text{г}} + I_{\text{а2}})\Delta t_2 + I_{\text{г}}\Delta t_3, \quad (2)$$

де $I_{\text{г}}$ – струм генератора; $I_{\text{а1}}, I_{\text{а2}}$ – струми що споживається та генерується САЕ

$$I_{\text{г}} \cdot T = I_{\text{г}} (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3) - (I_{\text{а1}}\Delta t_1 + I_{\text{а2}}\Delta t_2). \quad (3)$$

Тоді активна потужність визначається із співвідношення:

$$P = U [(I_{\text{г}} - I_{\text{а1}})\Delta t_1 + (I_{\text{г}} + I_{\text{а2}})\Delta t_2 + I_{\text{г}}\Delta t_3]. \quad (4)$$

Підставивши значення активної потужності P у (1) отримаємо:

$$Q_{\Phi, \tau}^2 = U^2 [(I_{\text{г}} - I_{\text{а1}})^2 \delta_1 + (I_{\text{г}} + I_{\text{а2}})^2 \delta_2 + I_{\text{г}}^2 \delta_3 - I_{\text{г}}^2]. \quad (5)$$

Після спрощення: для режиму $P_{\text{г}} = P_{\text{н}}$, $\Delta t_i / T = \delta_i$:

$$Q_{\Phi, \tau}^2 / U^2 = k_{Q, A} = -2I_{\text{г}}I_{\text{а1}}\delta_1 + I_{\text{а1}}^2\delta_1 + 2I_{\text{г}}I_{\text{а2}}\delta_2 + I_{\text{а2}}^2\delta_2, \quad (6)$$

$$k_{Q, A} = I_{\text{а1}}^2\delta_1 + I_{\text{а2}}^2\delta_2; \quad (7)$$

де $\delta_3 = 1 - \delta_1 - \delta_2$ – визначає відносну тривалість часу коли САЕ відключено.

Отриманий показник $k_{Q, A}$, залежить лише від параметрів струму САЕ та характеризує безпосередній вплив нерівномірності електроспоживання на систему електропостачання, обумовлений наявністю САЕ.

Висновки.

Показник $k_{Q, A}$ є модифікованим показником потужності Фризе на інтервалі τ і вказує на наявність неоптимального режиму роботи САЕ, а саме генерації та споживання струмів $I_{\text{аi}}$, яку необхідно враховувати при побудові та оптимізації роботи системи електропостачання.

Список використаних джерел:

1. Konstantelos I. Strategic Valuation of Smart Grid Technology Options in Distribution Networks / I. Konstantelos S.Giannelos G.Strbac // IEEE Transactions on Power Systems (Volume: 32, Issue: 2) – 2017 – P. 1293 – 1303
2. Веремійчук Ю. А. Аналіз функціонування інтегрованих енергопостачальних систем з енергетичними хабами / Ю. А. Веремійчук, І. В. Притискач, О. С. Ярмолюк, В. П. Опришко // ScienceRise. – 2016. – № 9(2). – С. 12–18.
3. Опришко В. П. Регулювання режимів електропостачання в локальних системах microgrid / В.П. Опришко // Техн. електродинаміка. – 2016 – №4 – С.77–79
4. Жуйков В.Я. Енергетичні процеси в електричних колах з ключовими елементами / В.Я. Жуйков, С.П.Денисюк. – К.: ТЕКСТ, 2010. – 264 с.