УДК 621.311

О. Д. Демов, к. т. н., доц.; М. П. Свиридов, к. т. н., проф.;

О. П. Паламарчук, асп.; В. В. Захаров

МЕТОД КОРЕКТУВАННЯ ВХІДНИХ РЕАКТИВНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ СПОЖИВАЧІВ

У роботі представлено метод коректування вхідних реактивних потужностей. Запропоновано вирішувати проблему коректування вхідних реактивних потужностей з урахуванням економічної стійкості оптимального розв'язку задачі компенсації реактивної потужності. Це дозволить коректувати вхідні реактивні потужності лише для деяких споживачів і зменшити затрати на реалізацію коректування вхідних реактивних потужностей.

Ключові слова: *вхідна реактивна потужність, коректування, економічна стійкість, затрати.*

Вступ

Зниження втрат електроенергії в електричних мережах є важливою задачею для підприємств цих мереж. Значною мірою цього зниження можна досягнути за рахунок установлення конденсаторних установок (КУ) в мережах споживачів. Вирішення цієї проблеми потребує визначення економічно доцільних значень реактивних потужностей, що передаються від енергосистеми споживачам (вхідних реактивних потужностей (ВРП) споживачів) і, відповідно, потужностей КУ. На сьогоднішній день існують методи розрахунку ВРП [1, 2] для діючих споживачів. Реалізація результатів розрахунку, одержаних за цими методами, забезпечує стан мережі, якому відповідає найменше значення затрат на передавання реактивної потужності. До мереж енергосистеми постійно приєднуються нові споживачі, що призводить до додаткових затрат і потребує коректувань ВРП усіх споживачів. Але практично такі коректування реалізувати складно.

Мета роботи

Отже, метою цієї роботи є додаткове зниження затрат на передавання реактивної потужності шляхом мінімальних коректувань ВРП споживачів.

Постановка проблеми

Припустимо, що до мережі, схема заміщення якої показана на рис. 1, приєднується новий споживач.

У [3] оптимальні значення ВРП діючого споживача до і після приєднання нового споживача визначаються відповідно:

$$Q_{од} = \frac{3_{КУ} \cdot U^2_{ном}}{2 \cdot c_0 \cdot R_{мд}}, \quad Q_{оп} = \frac{3_{КУ} \cdot U^2_{ном}}{2 \cdot c_0 \cdot R_{мп}} \cdot \frac{r_д // r_н}{r_д}, \tag{1}$$

де $R_{мд}$, $R_{мп}$ – еквівалентні опори мережі відповідно до і після приєднання нового споживача, що визначаються виразами:

$$R_{мд} = r_с + r_д; \quad R_{мп} = r_с + \frac{r_д \cdot r_н}{r_д + r_н}. \tag{2}$$

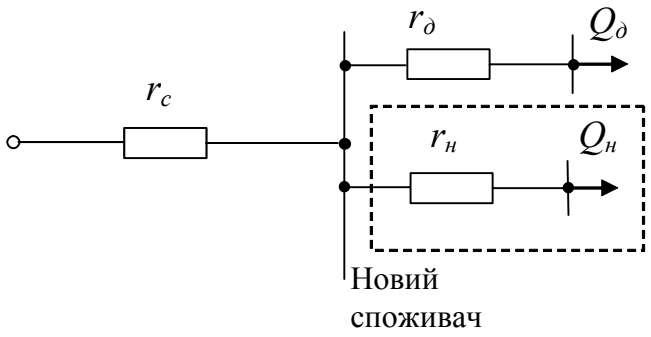

Рис. 1. Схема заміщення електричної мережі, до якої приєднується новий споживач
r_c, $r_д$, $r_н$ – еквівалентні опори мереж системи, діючого та нового споживачів; $Q_д$, $Q_н$ – реактивні навантаження діючого та нового споживачів

З (1) та (2) випливає, що $Q_{од} \neq Q_{оп}$.

Оскільки потужності КУ, які доцільно встановлювати в мережі діючого споживача до і після приєднання нового споживача, визначаються як:

$$Q_{КУд} = Q_д - Q_{од}; \quad Q_{КУп} = Q_д - Q_{оп}, \tag{3}$$

тоді отримаємо: $Q_{КУд} \neq Q_{КУп}$.

Іншими словами, приєднання нових споживачів потребує коректування КУ в мережах діючих споживачів.

Реалізація такого коректування практично неможлива, оскільки потребує коректування потужностей КУ в усіх вузлах електричної мережі і відповідно значних додаткових затрат. У зв'язку з цим необхідна розробка такого методу коректування ВРП споживачів, що забезпечував би економічно прийнятні результати і можливість їх практичної реалізації.

Основна частина

Припустимо, що до мережі, яка характеризується матрицею вузлових активних опорів $\mathbf{R}_д$ і матрицею середніх реактивних навантажень $\mathbf{Q}_д$, приєднується новий споживач. Новому стану мережі відповідають матриці вузлових активних опорів $\mathbf{R}_п$ і матриця середніх реактивних навантажень споживача $\mathbf{Q}_п$.

Відповідно до [3] матриця оптимальних значень потужностей КУ до приєднання споживача:

$$\mathbf{Q}_{д\text{КУ}} = \mathbf{Q}_{\text{д}} - \mathbf{R}_д^{-1} \cdot \text{C}, \tag{4}$$

а після приєднання споживача:

$$\mathbf{Q}_{п\text{КУ}} = \mathbf{Q}_{\text{п}} - \mathbf{R}_п^{-1} \cdot \text{C}, \tag{5}$$

де С – матриця-стовпець, елементи якої визначаються техніко-економічними характеристиками мережі.

Очевидно, оптимальні значення потужностей КУ у вузлах діючих споживачів нового споживача не рівні між собою:

$$\mathbf{Q}_{д\text{КУі}} \neq \mathbf{Q}_{п\text{КУі}}, \tag{6}$$

тому необхідно змінювати їх потужність на значення:

$$\Delta Q_{КУi} = \left| Q_{\partial КУi} - Q_{nКУi} \right|, \text{ i=1,…,n,} \tag{7}$$

де n – кількість споживачів.

Такі зміни доцільно проводити з урахуванням достатньої економічної стійкості у задачах компенсації реактивної потужності [4], що дозволяє проводити коректування ВРП не для всіх споживачів, а тільки для їх певної кількості. Критерієм прийнятності такого підходу є виконання нерівності:

$$\frac{З}{З_{опт}} - 1 < \xi_д \,, \tag{8}$$

де $З$ – значення затрат на передавання реактивної потужності в електричній мережі, що відповідає частковому коректуванню ВРП; $З_{опт}$ – значення затрат, що відповідає оптимальному розв'язуванню задачі (коректування ВРП усіх споживачів); $\xi_д$ – задана величина [4].

Перший крок в запропонованому методі коректування полягає у визначенні ВРП для споживача, що приєднується при незмінності потужностей КУ всіх діючих споживачів. Якщо це призводить до невиконання (8), то необхідно коректувати ВРП діючих споживачів. Задача повинна розв'язуватись, виходячи з мінімальної кількості коректувань. Виникає питання: як забезпечити мінімум коректувань і отримати економічно-прийнятне рішення?

Очевидно, насамперед необхідно проводити коректування в тому вузлі, КУ якого в найбільшій мірі знижують втрати активної потужності в мережі.

При коректуванні реактивного навантаження і-ого вузла на значення потужності $Q_{кі}$ зниження втрат в мережі можна записати як:

$$\delta P(Q_{ki}) = \frac{1}{U_н^2} \cdot (Q_\partial^t \cdot R_\partial \cdot Q_\partial - Q_n^t \cdot R_n \cdot Q_n) \,. \tag{9}$$

Відповідно до наведених положень на рис. 2 представлено алгоритм коректування ВРП.

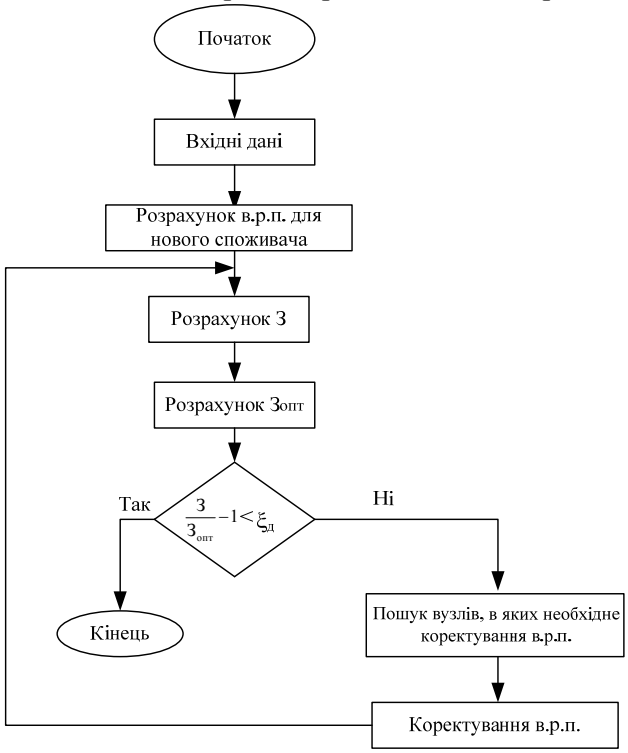

Рис. 2. Блок-схема алгоритму коректування ВРП

Приклад

Визначити доцільність коректування ВРП для споживачів мережі, заступна схема якої наведена на рис. 3, при приєднанні нового споживача. На схемі показані існуючі потоки реактивної потужності до приєднання нового споживача, реактивні навантаження споживачів і величини активних опорів елементів, приведені до напруги 10 кВ. Значення ВРП і реактивних навантажень задані у мегаварах, а активні опори – в Ом. Допустиме відхилення затрат від оптимального значення $\xi_д$ = 0,05. Питома вартість втрат активної потужності – 68,5 грн/кВт. Вартість КУ – 60грн/кВАр.

Розв'язування

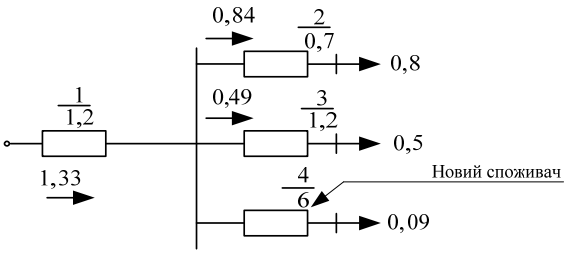

Рис. 3. Заступна схема електричної мережі енергопостачальних компаній та споживачів

1. Знайдемо значення ВРП для нового споживача при незмінності потужностей КУ всіх діючих споживачів [3]:

$$Q_c^{н.с.} = 0{,}027 \text{ МВАр}.$$

2. Відповідно [1] розраховуємо значення затрат:

$$З=44057{,}41 \text{ грн/год}.$$

3. Визначаємо оптимальне значення затрат після приєднання нового споживача [3]:

$$З_{опт} = 42647{,}255 \text{ грн/рік}.$$

4. Знаходимо значення відхилення:

$$\xi=\frac{З}{З_{опт}}-1=\frac{44057{,}41}{42647{,}255}-1=0{,}032.$$

У даному випадку недоцільно коректувати ВРП для діючих споживачів, оскільки $\xi<\xi_д$.

Висновки

1. Приєднання нових споживачів до мереж енергосистеми потребує коректування вхідних реактивних потужностей діючих споживачів.

2. Коректування вхідних реактивних потужностей доцільно проводити з урахуванням економічної стійкості оптимального розв'язку задачі компенсації реактивної потужності, що дозволить зменшити кількість коректувань і відповідно затрати на їх реалізацію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.

2. Рогальський Б.С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління. – Вінниця: УНІВЕРСУМ. – 2006 – 235 с.

3. Ковалев И.Н. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 199 с.

4. Электрические системы. Кибернетика электрических систем. Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1974. – 328 с.

Демов Олександр Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, тел.: 8(097)4628039, demov@yandex.ru;

Свиридов Микола Павлович – кандидат технічних наук, професор; директор інституту електроенергетики та електромеханіки;

Паламарчук Олеся Петрівна – аспірант кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, тел.: 8(097)2790614;

Захаров Василь Володимирович – старший викладач кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Вінницький національний технічний університет.