

ЩОДО ЕКОНОМІЧНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПІДСТАНЦІЙ ІЗ ВТОРИННОЮ НАПРУГОЮ 6 ТА 10 КВ

Викладено методику визначення економічного реактивного навантаження трансформаторних підстанцій з первинною напругою 110 кВ і вище.

Представлена методика определения экономической реактивной нагрузки трансформаторных подстанций с первичным напряжением 110 кВ и выше.

This paper proposes the method to define the economic reactive load of transformer substations with the primary voltage of 110 kV or higher.

Загальновідомо, що електроенергетична система (ЕЕС) велика і складна, усі технологічні процеси якої відбуваються майже одночасно. Тому логіка підказує, що дії енергопостачальних організацій (ЕО) і споживачів в питаннях якості електропостачання мають бути спільними.

Незважаючи на ринкові відносини, які діють в електроенергетиці, питання економії електроенергії (ЕЕ) є загальним і завжди актуальне для усіх суб'єктів таких відносин тому, що має загальнодержавне значення. Саме тому кожен з них повинен дбати про зменшення реактивного навантаження власних електричних мереж (ЕМ), що складає левову частку всіх заходів економії.

Мета цієї роботи – економічне обґрунтування потужності пристроїв компенсації реактивного навантаження (ПКРН) – конденсаторних установок на шинах 6(10) кВ трансформаторних підстанцій ЕО.

Для навантаження цих шин без застосування компенсації можна записати, кВА²,

$$S_1^2 = P_1^2 + Q_1^2, \quad (1)$$

де P_1 – активне навантаження шин, кВт; Q_1 – реактивне навантаження шин до застосування компенсації, кВАр.

Після застосування компенсації реактивного навантаження цих шин конденсаторними установками (КУ) з конденсаторами 6(10) кВ рівняння (1) набуває вигляду, кВА²

$$S_2^2 = P_1^2 + Q_2^2 = P_1^2 + (Q_1 - Q_{\text{КВ}})^2, \quad (2)$$

де $Q_{\text{КВ}}$ – потужність КУ з конденсаторами 6(10) кВ, кВАр.

При цьому має місце зменшення навантаження підстанції, кВА²,

$$\Delta S^2 = S_1^2 - S_2^2 = 2Q_1 Q_{\text{КВ}} - Q_{\text{КВ}}^2. \quad (3)$$

Зменшення активних втрат у трансформаторі підстанції з первинною напругою $U_{\text{НОМ.1}} \geq 110$ кВ складає, кВт,

$$\Delta P_Q = \frac{2Q_1 Q_{\text{КВ}} - Q_{\text{КВ}}^2}{U_{\text{НОМ.2}}^2} R_T \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

де $U_{\text{НОМ.2}}$ – номінальна вторинна напруга трансформатора, кВ; R_T – активний опір трансформатора, приведений до його вторинної напруги, Ом.

Загальний ефект зменшення активних втрат від компенсації, кВт,

$$\Delta P_E = \Delta P_Q + \Delta p_{\text{КВ}} Q_{\text{КВ}}, \quad (5)$$

де $\Delta p_{\text{КВ}}$ – питомі активні втрати в конденсаторах, для сучасних конденсаторів, $\Delta p_{\text{КВ}} = 0,00015$ кВт/квар.

При цьому потужність КУ на підстанції, квар,

$$Q_{\text{КВ}} = Q_1 - Q_E, \quad (6)$$

де Q_E – економічне реактивне навантаження підстанції, за якого її активні втрати від реактивної потужності навантаження будуть мінімальні, кВАр.

З урахуванням (5) річні витрати ЕО на таку компенсацію, грн/рік,

$$Z_{\text{КВ}} = \Delta P_Q C_{\text{Е0}} T_B + \frac{\Delta z_{\text{КВ}} Q_{\text{КВ}}}{T_{\text{ОК}}}, \quad (7)$$

де $C_{\text{Е0}}$ – питома вартість активних втрат ЕЕ, грн/кВт·год; T_B – час вмикання у розрахунковому періоді (календарний місяць), год; $\Delta z_{\text{КВ}}$ – питома вартість конденсаторів КУ з номінальною напругою 6(10) кВ, які, за да-

ними ООО “Конденсатор” (Росія), середньо-виважена ціна на конденсатори складає величину на рівні $\Delta z_{\text{КВ}} = 35,45$ грн/квар; $T_{\text{ОК}}$ – строк окупності КУ, приведений до розрахункового періоду, од/міс.

Оптимальне значення $Q_{\text{КВ}}$ можна визначити з (7) за умови

$$\frac{\partial z}{\partial Q_{\text{КВ}}} = \frac{(2Q_1 - 2Q_{\text{КВ}})}{U_2^2} R_T C_{\text{Е0}} T_B + \frac{\Delta z_{\text{КВ}}}{T_{\text{ОК}} T_B} = 0. \quad (8)$$

Після перетворення цього

$$Q_{\text{КВ}} = Q_1 - \frac{500U_{\text{НОМ.2}}^2}{R_T} \left(\Delta p_{\text{КВ}} + \frac{\Delta z_{\text{КВ}}}{T_{\text{ОК}} T_B C_{\text{Е0}}} \right). \quad (9)$$

Зіставивши (9) і (6), можна зробити висновки, що

$$Q_E = \frac{500U_{\text{НОМ.2}}^2}{R_T} \left(\Delta p_{\text{КВ}} - \frac{\Delta z_{\text{КВ}}}{T_{\text{ОК}} T_B C_{\text{Е0}}} \right). \quad (10)$$

Для прикладу розглянемо підстанцію (ПС), принципову схему первинних з'єднань якої представлено на рис.1.

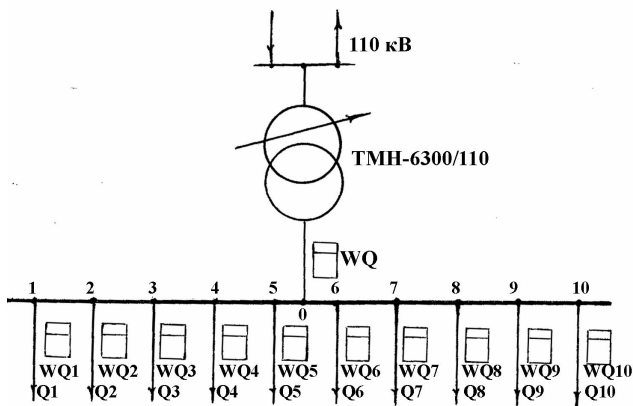


Рис.1 Принципова схема підстанції

На ПС 110/10 кВ встановлено трансформатор типу ТМН-10000/110, у якого

$$S_{\text{НОМ.Т}} = 10000 \text{ кВА}; U_{\text{НОМ.2}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_{\text{К}} = 60,0 \text{ кВт [1].}$$

Сумарний виток “спожитої” і “генерованої” споживачами реактивної енергії у розрахунковому періоді (календарний місяць, у якому $T_B = 720$ год) зафіксовано комерційним обліком, встановленим для шин 10 кВ ПС. Він складає величину $WQ_0 = 599040$ кВАр·год/міс. При цьому середнє, виважене протягом розрахункового періоду, реактивне навантаження ПС складає,

$$Q_{\text{CP}} = \frac{WQ_0}{T_B} = \frac{599040}{720} \approx 832 \text{ квар.}$$

При цьому у споживачів встановлено КУ загальної потужності з

з номінальною напругою конденсаторів $U_{\text{НОМ}} = 10,5$ кВ – $Q_{\text{КВ\Sigma}} = 300$ квар і з напругою $U_{\text{НОМ}} = 0,4$ кВ – $Q_{\text{КН\Sigma}} = 1910$ квар.

Оптова питома вартість ЕЕ складає величину $C_{\text{Е0}} = 0,4931$ грн/кВт·год, а – $\Delta z_{\text{КВ}} = 35,45$ грн/квар.

Необхідно визначити величину середньої, виваженої протягом розрахункового періоду, такої величини реактивного навантаження споживачів, за якої активні втрати в ЕМ ЕО (в трансформаторі ПС) будуть мінімальними. Такий розрахунок називається системним.

Проведемо його у розрахунковому періоді $T_B = 720$ год. (календарний місяць має 30 календарних днів).

Активний опір трансформатора

$$R_T = \frac{\Delta P_{\text{К}} U_{\text{НОМ.2}}^2}{1000 S_{\text{НОМ}}^2} = \frac{60,0 \cdot 10,5^2}{1000 \cdot 10^2} = 0,06615 \text{ Ом.}$$

За допомогою (10) визначаємо

$$Q_E = \frac{500 \cdot 10,5^2}{0,06615} \left(0,00015 - \frac{35,45}{12 \cdot 10 \cdot 720 \cdot 0,4931} \right) = -568 \text{ квар.}$$

Як можна помітити, застосування КУ на шинах ПС $U_{\text{НОМ.2}} = 10,5$ кВ (в ЕМ ЕО) економічно не доцільне (від’ємне значення Q_E). Тому в рівнянні (10) замість величини $\Delta p_{\text{КВ}}$ потрібно застосувати середнє значення питомих активних втрат, виважене за їх потужністю у споживачів, кВт/квар:

$$\Delta p_{\text{CP}} = \frac{\sum_i (\Delta p_{\text{КВ}i} Q_{\text{КВ}i} + \Delta p_{\text{КН}i} Q_{\text{КН}i})}{\sum_i (Q_{\text{КВ}i} + Q_{\text{КН}i})}, \quad (11)$$

де $Q_{\text{КВ}i}$ – потужність КУ з номінальною напругою конденсаторів 6(10) кВ i -го споживача, квар; $Q_{\text{КН}i}$ – потужність КУ з номінальною напругою конденсаторів 0,38 кВ i -го споживача, квар.

За рівнянням (11)

$$\Delta p_{\text{CP}} = \frac{\Delta p_{\text{КВ}} Q_{\text{КВ\Sigma}} + \Delta p_{\text{КН}} Q_{\text{КН\Sigma}}}{Q_{\text{КВ\Sigma}} + Q_{\text{КН\Sigma}}}$$

$$= \frac{0,00015 \cdot 300 + 0,00025 \cdot 1910}{300 + 1910} =$$

$$= 0,00024 \text{ кВт/квар.}$$

При цьому в ЕО відсутні витрати на установку ПКРН і за рівнянням (10)

$$Q_E = \frac{500 \cdot 10,5^2 \cdot 0,00024}{0,06615} = 200 \text{ квар.}$$

Активні втрати ЕО реактивного навантаження складають, кВт:

Без компенсації, взагалі

$$\Delta P_{T1} = \frac{832^2}{10,5^2} \cdot 0,06615 \cdot 10^{-3} = 0,41533 \text{ кВт.}$$

Такі ж втрати з компенсацією на шинах 10,5 кВ до величини Q_E , кВт

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{T2} + \Delta P_{KB} =$$

$$= \frac{Q_E^2}{U_{2,НОМ}^2} R_T \cdot 10^{-3} + \Delta p_{KB} (Q_0 - Q_E) =$$

$$= \frac{200^2}{10,5^2} \cdot 0,06615 \cdot 10^{-3} + 0,00015(832 - 200) =$$

$$= 0,11180 \text{ кВт.}$$

З компенсацією в СЕП споживачів

$$\Delta P_{T,НОРМ} = \frac{200^2}{10,5^2} \cdot 0,06615 \cdot 10^{-3} = 0,02400 \text{ кВт.}$$

Таким чином, активні втрати в ЕМ ЕО у разі застосування компенсації на шинах вторинної напруги трансформаторної підстанції перебільшують такі без компенсації, у

$$\frac{0,11180}{0,02400} \approx 4,7 \text{ рази.}$$

Висновки

1. При зменшенні реактивного навантаження трансформаторних підстанцій з первинною напругою 110 кВ і вище потрібно враховувати ПКРН СЕП споживачів, що живляться від шин їх вторинної напруги 6(10) кВ.

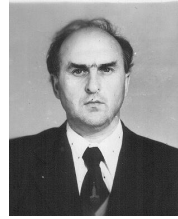
2. Застосування ПКРН на шинах ПС 6(10) кВ трансформаторних підстанцій з первинною напругою 110 кВ і вище економічно не доцільне.

3. Величину економічного реактивного навантаження трансформаторних підстанцій з первинною напругою 110 кВ і вище необхідно розподілити між окремими споживачами, враховуючи їх економічне реактивне навантаження.

Список використаної літератури

Справочник по проектированию электрических сетей / И.Г. Карапетян, Д.Л. Файбисович, И.М. Шапиро // [Под редакцией Д.Л. Файбисовича]. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.

Отримано 30.09.2010



Дорошенко
Олександр Іванович,
канд. техн. наук, доц. каф.
електропостачання
Одес. націон. політехн. у-ту
тел. 7-34-85-48 (роб.),
56-25-93 (дом.).



Попов
Денис Сергійович,
аспірант каф.
електропостачання
Одес. націон. політехн. у-ту
тел. 7-34-85-48



Нігрецкул
Галина Іванівна
студентка-магістр
Одес. націон. політехн. у-ту
Тел. 7-34-85-48 (раб.).



Шевчук
Євген Анатолійович
студент-магістр
Одес. націон. політехн. у-ту
Тел. 7-34-85-48 (раб.),
7-19-37-31 (дом.).