

О. Д. Демов¹
Ю. В. Никитенко¹
В. А. Коноплицький¹

ВПЛИВ КОМПЕНСУВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ НА ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ

¹Вінницький національний технічний університет

Показано, що змінюючи ступінь компенсації реактивної потужності в розподільних мережах промислових споживачів, можна значно змінити втрати активної потужності, що створюються реактивними навантаженнями комунально-побутових споживачів в електричних мережах енергопостачальних компаній.

Ключові слова: компенсація реактивної потужності, електричні мережі, реактивні навантаження, компенсувальні установки.

Вступ

Компенсація реактивної потужності (КРП) є одним з ефективних заходів зниження втрат електроенергії в мережах енергопостачальних компаній (ЕК). Реактивні навантаження цих мереж створюють промислові та комунально-побутові споживачі. Значення останніх співмірні з реактивними навантаженнями промислових споживачів, що зумовлює доцільність їх компенсації. Але згідно з [1] комунально-побутові споживачі не вживають заходів з КРП. В [2] показана можливість впливу на вказані втрати з допомогою компенсувальних установок (КУ) промислових споживачів. Але не показано, яким чином і якою мірою це впливає на зниження втрат.

Метою роботи є аналіз впливу КУ промислових споживачів на втрати, які створюють реактивні навантаження комунально-побутових споживачів, та його кількісна оцінка.

Модель впливу КУ промислових споживачів на зниження втрат в електричних мережах

Розглянемо вказаний вплив для узагальненої схеми мережі, заступна схема якої показана на рис. 1. Втрати активної потужності, створені реактивними навантаженнями комунально-побутовими та промислових споживачів в цій мережі, складає

$$\Delta P = \frac{1}{U_n^2} \left[(r_{\text{ж}} + r_{\text{кб}}) Q_{\text{кб}}^2 + (r_{\text{ж}} + r_{\text{пром}}) Q_{\text{пром}}^2 + 2Q_{\text{кб}} Q_{\text{пром}} r_{\text{ж}} \right], \quad (1)$$

де U_n — номінальна напруга мережі; $Q_{\text{кб}}$, $Q_{\text{пром}}$ — реактивні навантаження комунально-побутових та промислових споживачів; $r_{\text{ж}}$, $r_{\text{кб}}$, $r_{\text{пром}}$ — еквівалентні опори, відповідно, живильної, розподільних мереж комунально-побутових та промислових споживачів.

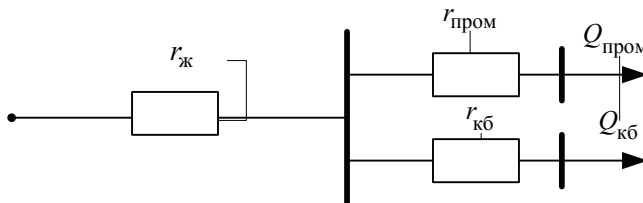


Рис. 1. Заступна схема узагальненої мережі живлення комунально-побутових та промислових споживачів

Очевидно, перша і друга складові втрат ΔP створені безпосередньо першим і другим навантаженнями. Третя складова є спільними втратами цих навантажень $\Delta P_{\text{сп}}$.

Розглянемо розподіл спільних втрат між комунально-побутовими та промисловими споживачами. Необхідно відмітити, що знайти природній розподіл вказаних втрат неможливо і правильніше говорити про такий розподіл відповідно до певних критеріїв [3]. В цьому випадку логічним є розподіл вказаних втрат пропорційно значенням реактивних навантажень споживачів [4, 5]. Відповідно цю складову розподіляємо між 1-м і 2-м споживачами на дві частини $\Delta P_{сп}^{кб}$ і $\Delta P_{сп}^{пром}$ і знаходимо частку комунально-побутових споживачів

$$\Delta P_{сп}^{кб} = \frac{2r_{ж}}{U_n^2} Q_{кб} \cdot Q_{пром} \frac{Q_{кб}}{Q_{кб} + Q_{пром}}. \quad (2)$$

Беручи за базисну величину втрат, які створюються безпосередньо навантаженням комунально-побутових в живильних мережах: $\Delta P_0 = \frac{Q_{кб}^2}{U_n^2} r_{ж}$, знайдемо відносну величину втрат $\Delta P_{сп}^{кб}$:

$$\Delta P_{сп}^{кб} = \frac{2}{1 + \frac{1}{Q_{пром*}}}, \quad (3)$$

де $Q_{пром*} = \frac{Q_{пром}}{Q_{кб}}$ — відносна величина реактивного навантаження промислового споживача.

На рис. 2 показано графік залежності $\Delta P_{сп}^{кб}$ від величини $Q_{пром*}$

З графіка видно, що питоме зниження втрат, що створюються реактивним навантаженням комунально-побутових споживачів, за рахунок зменшення реактивного навантаження промислового споживача $\frac{a_1 c_1}{a_1 b_1} > \frac{a_2 c_2}{a_2 b_2}$, якщо $Q_{пром*1} < Q_{пром*2}$.

Якщо врахувати, що поточне значення реактивного навантаження промислового споживача визначається як різниця між величиною $Q_{пром}$ і потужністю КУ $Q_{ку}$ промислового споживача $Q_{пп} = Q_{пром} - Q_{ку}$,

то ступінь КРП промислового споживача визначається як $\beta_n = \frac{Q_{ку}}{Q_{пп}}$, а величина $\Delta P_{сп}^{кб}$:

$$\Delta P_{сп}^{кб} = \frac{2}{1 + \frac{1}{(1 - \beta_n) Q_{пром*}}}. \quad (4)$$

Сумарні відносні втрати, що створюються реактивним навантаженням комунально-побутових в живильних мережах, визначаються таким чином:

$$\Delta P_{кб}^ж = \frac{2}{1 + \frac{1}{(1 - \beta_n) Q_{пром*}}} + 1. \quad (5)$$

Враховуючи результати досліджень в [6], можна вважати втрати, які створюють комунально-побутові споживачі в живильній та розподільній мережах, рівними. Тоді їх сумарне значення запишеться як

$$\Delta P_{кб}^* = \frac{4}{1 + \frac{1}{(1 - \beta_n) Q_{пром*}}} + 2. \quad (6)$$

Проведемо аналогічний аналіз взаємного впливу реактивних навантажень комунально-

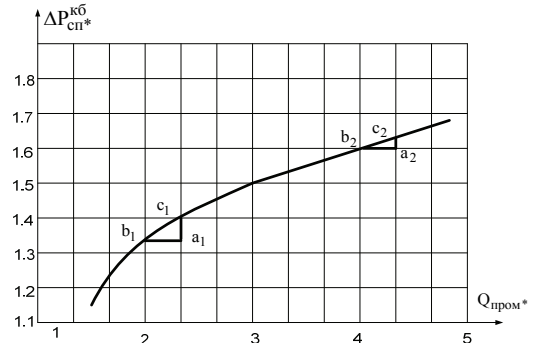


Рис. 2. Графік залежності $\Delta P_{сп}^{кб}$ ($Q_{пром*}$)

побутових та промислових споживачів для довільної мережі. Нехай в i -му вузлі підключено комунально-побутовий споживач, а в j -му — промисловий споживач. Відповідно спільні втрати на R_{ij} опорі — $2Q_i Q_j \frac{R_{ij}}{U_H^2}$.

Найдемо вплив j -го реактивного навантаження на втрати, створені реактивним навантаженням i -го вузла. Розділимо спільні втрати i -го та j -го споживачів дві частини ΔP_{ci} та ΔP_{cj} пропорційно їх реактивним навантаженням:

$$\frac{\Delta P_{ci}}{\Delta P_{cj}} = \frac{Q_i}{Q_j} \quad (7)$$

Враховуючи, що $\Delta P_{ci} + \Delta P_{cj} = 2Q_i Q_j \frac{R_{ij}}{U_H^2}$, знаходимо:

$$\Delta P_{ci} = \frac{2Q_i Q_j}{U_H^2} R_{ij} \frac{Q_i}{Q_i + Q_j} = \frac{2Q_i^2}{U_H^2} R_{ij} \frac{Q_j}{Q_i + Q_j}$$

Втрати, які безпосередньо створює реактивне навантаження Q_i на активному опорі R_{ij} , $\frac{Q_i^2}{U_H^2} R_{ij}$ візьмемо за базисні. Відповідно знаходимо відносну величину ΔP_{ci}

$$\Delta P_{ci}^* = \frac{2}{1 + \alpha_{ji}} \quad (8)$$

де $\alpha_{ji} = \frac{Q_j}{Q_i}$.

Формула (8) дозволяє враховувати вплив реактивного навантаження промислового споживача, приєднаного в j -му вузлі на зниження втрат, зумовлених комунально-побутовим споживачем, що підключений в i -му вузлі.

Кількісний аналіз впливу КРП промислових споживачів на втрати активної потужності, які створюються реактивним навантаженням комунально-побутових споживачів

На рис. 3 показано графік залежності $\Delta P_{кб}^*(\beta_n)$ для різних значень $Q_{пром}^*$.

З графіка видно, що змінюючи ступінь компенсації реактивної потужності в мережах промислового споживача, можна значно змінити втрати активної потужності, які створюються реактивним навантаженням комунально-побутових споживачів.

Якщо врахувати, що на практиці величина $Q_{пром}^*$ змінюється в межах 1,4...5, то компенсація 30... 80 % реактивного навантаження промислових споживачів дає можливість знизити втрати активної потужності, що створюються реактивним навантаженням комунально-побутових споживачів, на 10...30 %.

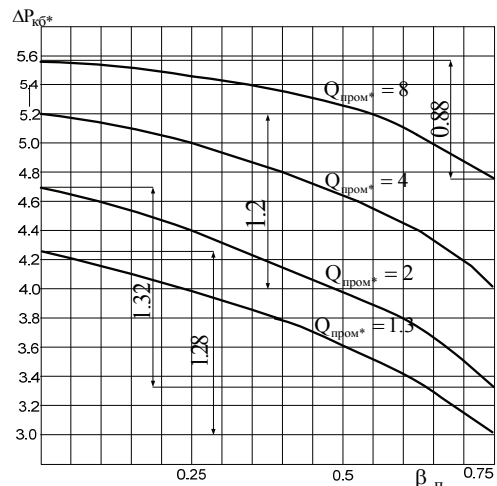


Рис. 3. Залежність $\Delta P_{кб}^*(\beta_n)$ для різних значень $Q_{пром}^*$

Висновки

1. Втрати в електричних мережах енергопостачальних компаній залежать як від реактивних навантажень комунально-побутових споживачів, так і від реактивних навантажень промислових споживачів, які живляться від цих мереж.

2. Змінюючи ступінь компенсації реактивної потужності в мережах промислових споживачів, можна значно змінити втрати активної потужності, що створюються реактивним навантаженням комунально-побутових споживачів в електричних мережах енергопостачальних компаній.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами // Офіційний вісник України. — 2002. — № 6. — С. 25—31.
2. Зорин В. В. Особенности определения мест установки и мощности батарей конденсаторов в узлах городской сети. / В. В. Зорин, А. Д. Демов // Электрические сети и системы : республик. межвед. научно-техн. сборник. — Львов : Высшая школа, 1981. — Вып.17. — С. 108—112.
3. Лежнюк П. Д. Взаємовплив електричних мереж і систем / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. Б. Бурикін. — Вінниця : УНІВЕРСУМ—Вінниця, 2008. — 122 с.
4. Толасов А. Г. Потери на транзит электроэнергии и их распределение между участниками энергообмена / А. Г. Толасов // Электрические станции. — 2002. — № 1. — С. 20—25.
5. Демов О. Д. Розподіл втрат між споживачами від передачі реактивної потужності в мережах енергопостачальних компаній / О. Д. Демов, А. Ж. Войнаровський, В. В. Захаров // Промелектро. — 2006. — № 1. — С. 35—38.
6. Железко Ю. С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах / Ю. С. Железко. — М. : Энергоиздат, 1981. — 200 с.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.11.2015

Демов Олександр Дмитрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: demov@yandex.ru;

Никитенко Юрій Васильович — студент факультету електроенергетики та електромеханіки;

Коноплицький Віталій Андрійович — студент факультету електроенергетики та електромеханіки;

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

O. D. Demov¹
Yu. V. Nykytenko¹
V. A. Konoplytskyi¹

Influence of the Compensating Installations of Industrial Consumers on Decrease in Losses in Distributive Networks of the Power Supplying Companies

¹Vinnitsia National Technical University

It has been shown that, changing the extent of compensation of jet power in networks of the industrial consumer, it is possible to change considerably losses of active power, which are created by jet load of household consumers in distributive networks of the power supplying companies.

Keywords: compensation of jet power, distributive networks, jet loadings, compensative devices.

Demov Oleksandr D. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Electrical Engineering Systems of Electro-Consumption and Power Management, e-mail: demov@yandex.ru;

Nykytenko Yurii V. — Student of the Department of Electroenergy and Electromechanics;

Konoplytskyi Vitalii A. — Student of the Department of Electroenergy and Electromechanics

А. Д. Демов¹
Ю. В. Никитенко¹
В. А. Коноплицький¹

Влияние компенсирующих установок промышленных потребителей на снижение потерь в электрических сетях энергоснабжающих компаний

¹Вінницький національний технічний університет

Показано, что, изменяя степень компенсации реактивной мощности в сетях промышленных потребителей, можно значительно изменять потери активной мощности, которые обусловлены реактивной нагрузкой коммунально-бытовых потребителей в электрических сетях энергоснабжающих компаний.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, электрические сети, реактивные нагрузки, компенсирующие установки.

Демов Александр Дмитриевич — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электротехнических систем электропотребления и энергетического менеджмента, e-mail: demov@yandex.ru;

Никитенко Юрий Васильевич — студент факультета электроэнергетики и электромеханики;

Коноплицький Виталий Андреевич — студент факультета электроэнергетики и электромеханики