

УДК 621.316.13

Бандура І.О., к.т.н., доцент

Луцький національний технічний університет

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК В РОЗПОДІЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ**

В статті розроблено математичну модель впровадження КУ в розподільні мережі енергопостачальних компаній за величиною економічної ефективності.

**Ключові слова:** енергопостачальна компанія, розподільна мережа, конденсаторні установки, економічна ефективність.

Бандура И.А.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВНЕДРЕНИЯ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩИХ КОМПАНИЙ**

В статье разработана математическая модель внедрения КУ в распределительные сети энергоснабжающих компаний за величиной экономической эффективности.

**Ключевые слова:** энергоснабжающая компания, распределительная сеть, конденсаторная установка, экономическая эффективность.

Bandura I.

## **OPTIMIZATION OF IMPLEMENTATION PROCESS IN THE ELECTRICAL DISTRIBUTIVE NETWORKS OF ENERGY-SUPPLYING COMPANIES**

The ground of expediency of setting of condenser options in the distributive networks of energyprocurement company needs comparing of him to other energykeeping events, and for this purpose it is necessary to untie tasks in obedience to indexes, that allow to make this comparison. By such index economic to efficiency of capital investments. Decision of task accordingly this index allows to compare investing of condenser options to investing of other productive and commercial operations that are characterized the certain sizes of economic efficiency. Except the that decision of task after economic efficiency gives an opportunity to take into account different specific expenses on setting and exploitation of condenser options in any knots of network. The aim of work is optimization of process of introduction of condenser options in the distributive electric networks of energyprocurement company with the condition of providing of a maximum of economic efficiency at the set financial possibilities of energyprocurement companies. In the article the considered cases of calculations are for the identical cost of condenser options and for the different cost of condenser options. Thus, the method of calculation of the stage-by-stage setting of condenser options is worked out in the distributive networks of energyprocurement companies, that allows to provide the set term of return on investments in condenser options at their identical and different cost.

**Keywords:** energy-supplying companies, electrical distributive networks, condensing units. economic to efficiency.

**Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Обґрунтування доцільності установлення конденсаторних установок в розподільних мережах енергопостачальної компанії потребує порівняння його з іншими енергозберігаючими заходами, а для цього необхідно розв'язати задачі згідно показників, які дозволяють проводити це порівняння. Таким показником є економічна ефективності капітальних вкладень [1,2,3]. Розв'язання задачі відповідно даного показника дозволяє порівнювати інвестування КУ з інвестуванням інших виробничих і комерційних операцій, які характеризуються певними величинами економічної ефективності. Крім того розв'язання задачі за

економічною ефективністю дає змогу враховувати різні питомі затрати на установку та експлуатацію КУ в будь-яких вузлах мережі.

**Цілі статті.** Оптимізація процесу впровадження КУ в розподільні електричні мережі енергопостачальної компанії з умовою забезпечення максимуму економічної ефективності при заданих фінансових можливостях енергопостачальних компаній.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Величина максимальної економічної ефективності  $p_{kj}^{\max}$  при установленні КУ потужністю  $Q_{kij}$  знаходиться як:

$$p_{kj}^{\max} = \max_{i=1}^n \{p_{kij}\},$$

де  $p_{kij} = \frac{\delta P_{ij}^{\Sigma} T \tau}{c_{ki} Q_{kij}}$  - економічна ефективність вкладення коштів величиною  $c_{ki} Q_{kij}$  в

КУ  $i$ -го вузла мережі на  $j$ -ому етапі розрахунку;

$\tau$  - час найбільших втрат для розрахункової мережі;  $T$  - тариф на активну енергію;  $c_{ki}$  - питома вартість КУ, встановлених в  $i$ -му вузлі.

Відповідно, КУ потужністю  $Q_{kij}$  на  $j$ -ому етапі розрахунку встановлюємо у вузлі, де забезпечується максимальна ефективність використання коштів значенням  $c_{ki} Q_{kij}$ .

Середнє значення ефективності на  $q$ -ому кроці розрахунку визначиться як:

$$p_{kq}^{\max} = \frac{\sum_{j=1}^q p_{kj}^{\max}}{q}.$$

Тобто максимальна сумарна ефективність на будь-якому етапі розрахунку визначається як середнє значення максимальних ефективностей окремих етапів [108]. При цьому мінімальний термін окупності на кожному етапі можна визначити як:

$$T_{\min_q} = \frac{1}{p_{kq}^{\max}}.$$

Аналогічно побудові залежності  $\delta P_{\Sigma q}^{\max} = f(Q_{kq})$  будуються залежності максимальної сумарної ефективності  $p_{kq}^{\max} = f_1(Q_{kq})$  і відповідно мінімальної окупності вкладень в КУ  $T_{\min} = f_2(Q_{kq})$ . Ці залежності дають можливість знаходити:

- максимально можливу економічну ефективність вкладання коштів або мінімальну величину терміну окупності при заданій сумарній потужності КУ;

- економічне значення потужності КУ, яке відповідає заданим величинам економічної ефективності  $p_3$  та терміну окупності  $T_3$ :

$$Q_{ke} = p_3^{-1}(Q_{kq}) = T_3^{-1}(Q_{kq}),$$

де  $p_3^{-1}(Q_{kq})$ ;  $T_3^{-1}(Q_{kq})$  значення функцій обернених відповідно до  $p_{kq}^{\max}(Q_{kq})$  і  $T_{\min}(Q_{kq})$  при  $p_{kq}^{\max} = p_3$  і  $T_{\min} = T_3$ .

Зробивши узагальнення проведених досліджень, представимо алгоритм розрахунку оптимальної траєкторії впровадження КУ за економічною ефективністю, рис. 1.

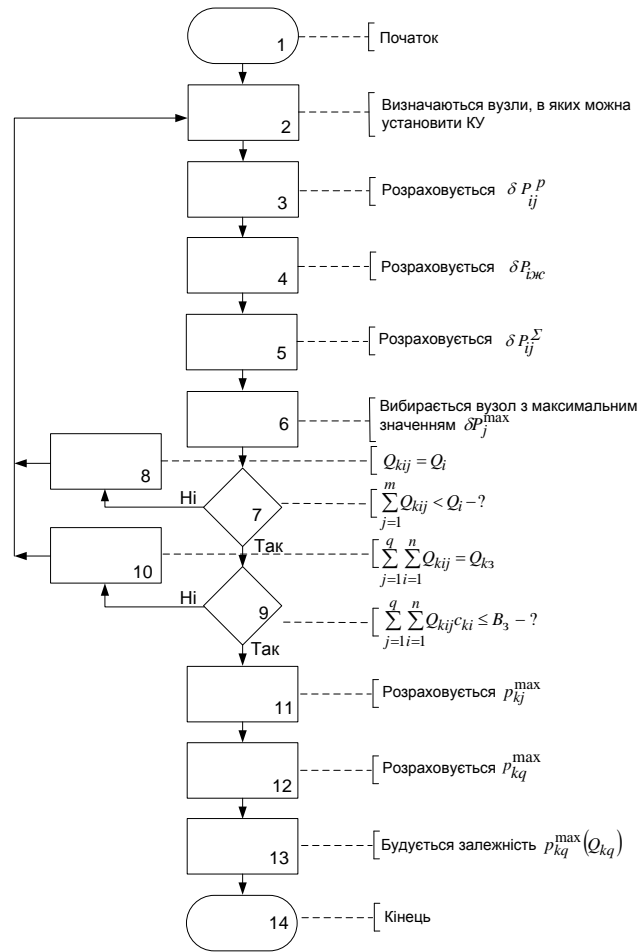


Рис. 1. Алгоритм розрахунку оптимальної траєкторії впровадження КУ за економічною ефективністю

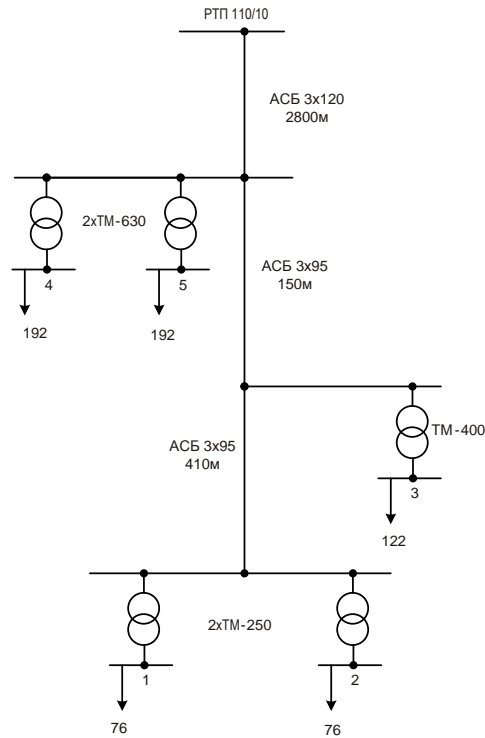


Рис. 2. Схема електричної мережі

Для даних, наведених на схемі рисунок 2 та при фінансовій можливості енергопостачальної компанії установити КУ потужністю 230 квар., побудуємо залежності  $p_{kq}^{\max} = f_1(Q_{kq})$  та  $T_{\min} = f_2(Q_{kq})$ , які забезпечують максимальну ефективність вкладення коштів і відповідно мінімальний термін окупності. Час максимальних втрат,  $\tau = 2000$  год; тариф на активну електроенергію  $T = 0,35$  грн/кВт·год.

Розрахунок проведемо для двох випадків:

- при однаковій питомій вартості КУ,  $c_k = 120$  грн /квар;
- при різній вартості КУ:  $c_k = 150$  грн /квар для секції КУ, яка встановлюється першою для даного вузла;  $c_k = 100$  грн /квар в усіх інших випадках.

**Випадок однакової вартості КУ на всіх кроках:** Розраховуємо ефективність, яка відповідає зниженню втрат в живлячих мережах –  $p_{кжс}$ ; в розподільних мережах –  $p_{кр}$ ; сумарне зниження втрат –  $p_{кс}$ . На першому кроці першого етапу ці величини визначаються так:

$$p_{к1жс} = \frac{833,44 \cdot 0,35 \cdot 2000}{120 \cdot 50 \cdot 10^3} = 0,097 \text{ роки}^{-1};$$

$$p_{к1р} = \frac{798,22 \cdot 0,35 \cdot 2000}{120 \cdot 50 \cdot 10^3} = 0,093 \text{ роки}^{-1};$$

$$p_{к1с} = \frac{1632 \cdot 0,35 \cdot 2000}{120 \cdot 50 \cdot 10^3} = 0,19 \text{ роки}^{-1}.$$

Аналогічно розраховуємо інші значення ефективностей.

За отриманими результатами розрахунку будуємо графік залежності ефективності капіталовкладень від сумарної потужності конденсаторних установок, рис.3.

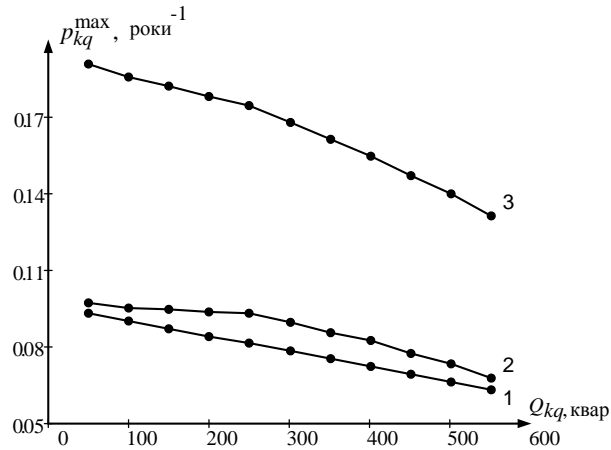


Рис. 3. Графіки залежності економічної ефективності капіталовкладень від сумарної потужності КУ при однакових вартостях КУ:

$$1 - p_{кж}(Q_{кq}); 2 - p_{кр}(Q_{кq}); 3 - p_{кс}(Q_{кq})$$

Розраховуємо мінімальні терміни окупності для першого кроку першого етапу, що відповідають зниженню втрат в живлячих мережах –  $T_{1жс}$ ; в розподільних мережах –  $T_{1р}$ ; сумарне зниження втрат –  $T_{1с}$ :

$$T_{1жс} = \frac{1}{p_{к1жс}} = \frac{120 \cdot 50 \cdot 10^3}{833,44 \cdot 0,35 \cdot 2000} = 10,284 \text{ роки};$$

$$T_{1р} = \frac{1}{p_{к1р}} = \frac{120 \cdot 50 \cdot 10^3}{798,22 \cdot 0,35 \cdot 2000} = 10,738 \text{ роки};$$

$$T_{1с} = \frac{1}{p_{к1с}} = \frac{120 \cdot 50 \cdot 10^3}{1632 \cdot 0,35 \cdot 2000} = 5,253 \text{ роки}.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для решти кроків. За результатами розрахунків будуюмо графік залежності терміну окупності КУ від їх сумарної потужності.

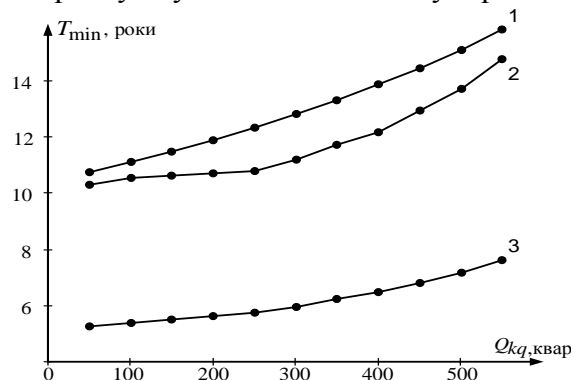


Рис.4. Залежність терміну окупності КУ від сумарної потужності при однакових вартостях КУ:

$$1 - T_{ок_{жс}}(Q_{кq}); 2 - T_{ок_{р}}(Q_{кq}); 3 - T_{ок_{с}}(Q_{кq})$$

**Випадок різної вартості КУ:** Розрахуємо ефективність вкладення коштів у встановлення конденсаторних установок на кожному кроці, враховуючи при цьому різну вартість КУ в живлячих мережах –  $p_{кжс}$ ; в розподільних мережах –  $p_{кр}$ ; сумарне

значення –  $p_{кс}$ . При установленні КУ на першому кроці першого етапу значення ефективностей визначаються так:

$$p_{к1ж} = \frac{833,44 \cdot 0,35 \cdot 2000}{150 \cdot 50 \cdot 10^3} = 0,078 \text{ роки}^{-1};$$

$$p_{к1р} = \frac{798,22 \cdot 0,35 \cdot 2000}{150 \cdot 50 \cdot 10^3} = 0,074 \text{ роки}^{-1};$$

$$p_{к1с} = \frac{1632 \cdot 0,35 \cdot 2000}{150 \cdot 50 \cdot 10^3} = 0,152 \text{ роки}^{-1}.$$

Аналогічно розраховані інші значення, а отримані результати показані на рис. 5.

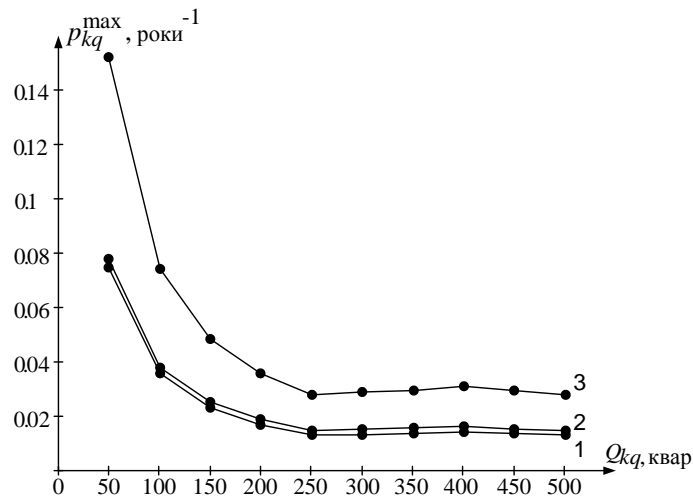


Рис.5. Графіки залежностей ефективності капіталовкладень від сумарної потужності КУ при їх різних вартостях:

$$1 - p_{ж}(Q_{kq}); \quad 2 - p_{р}(Q_{kq}); \quad 3 - p_{с}(Q_{kq})$$

Розрахуємо термін окупності для першого кроку першого етапу, враховуючи зниження втрат в живлячих мережах –  $T_{ж}$ ; в розподільних мережах –  $T_{р}$ ; сумарне зниження втрат –  $T_{с}$ :

$$T_{1ж} = \frac{1}{p_{к1ж}} = \frac{150 \cdot 50 \cdot 10^3}{833,44 \cdot 0,35 \cdot 2000} = 12,855 \text{ роки};$$

$$T_{1р} = \frac{1}{p_{к1р}} = \frac{150 \cdot 50 \cdot 10^3}{798,22 \cdot 0,35 \cdot 2000} = 13,423 \text{ роки};$$

$$T_{1с} = \frac{1}{p_{к1с}} = \frac{150 \cdot 50 \cdot 10^3}{1632 \cdot 0,35 \cdot 2000} = 6,565 \text{ роки}$$

Провівши аналогічні розрахунки для решти етапів, отримаємо результати, які показані на рис.6.

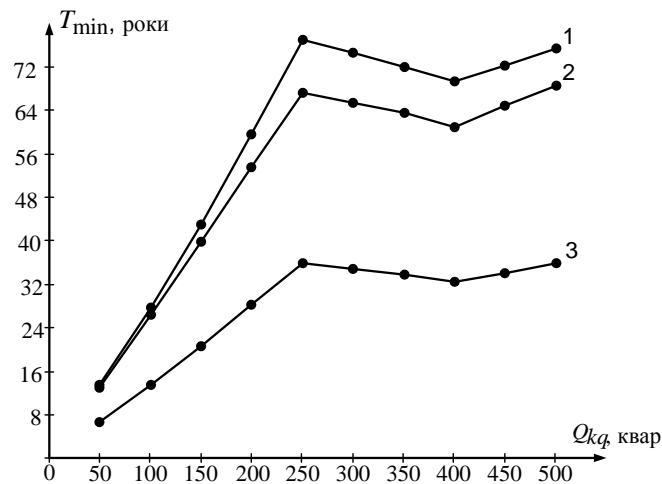


Рис.6. Графіки залежностей терміну окупності конденсаторних установок від сумарної потужності при різних їх вартостях:

1 –  $T_{ок_{жс}}(Q_{kq})$ ; 2 –  $T_{ок_p}(Q_{kq})$ ; 3 –  $T_{ок_c}(Q_{kq})$

Як видно з графіків, наведених на рис. 4, 5, 6, зміна вартостей КУ в значній мірі впливає на характер зміни їх ефективності.

**Висновок.** Таким чином, розроблено метод розрахунку поетапного установлення КУ в розподільних мережах енергопостачальних компаній, який дозволяє забезпечувати заданий термін окупності інвестицій в КУ при їх однаковій та різній вартості. Розроблений метод розрахунку поетапного встановлення має високу точність отриманих результатів при невеликій кількості математичних ітерацій. Отримані результати мають однакову збіжність з результатами, які розраховувались більш складними математичними методами.

#### Список використаних джерел

- 1.Методика визначення економічно доцільних обсягів компенсації реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної організації та споживача (основного споживача та субспоживача). [Затверджено наказом № 1 Міністерства палива та енергетики України від 05.01.2006 р.]
- 2.Економіка підприємства. / Під ред. С.Ф. Покропивного.– К.: КНЕУ, 2001. – 526 с. – ISBN 966-574-148-9.
- 3.Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі. ГКД 340.000.002 – 97. [Затв. наказом Міненерго України від 20.01.97]. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 1997. – 90 с.

