

# КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ

Спеціальність

Науковий керівник:  
Кандидат технічних наук,  
доцент Демов О. Д.

- **Метою роботи** є: додаткове зниження втрат електроенергії за рахунок вдосконалення та впровадження методів розрахунку компенсації реактивної потужності в розподільних міських мережах.
- **Об'єктом** дослідження магістерської дипломної роботи є розподільні електричні мережі 6-10 кВ мікрорайонів міст та споживачів.
- **Предметом** дослідження магістерської дипломної роботи є процеси установаження компенсуючих приладів та їх використання в розподільних міських електричних мережах 6-10 кВ.

# Оптимізації процесу впровадження конденсаторних установок

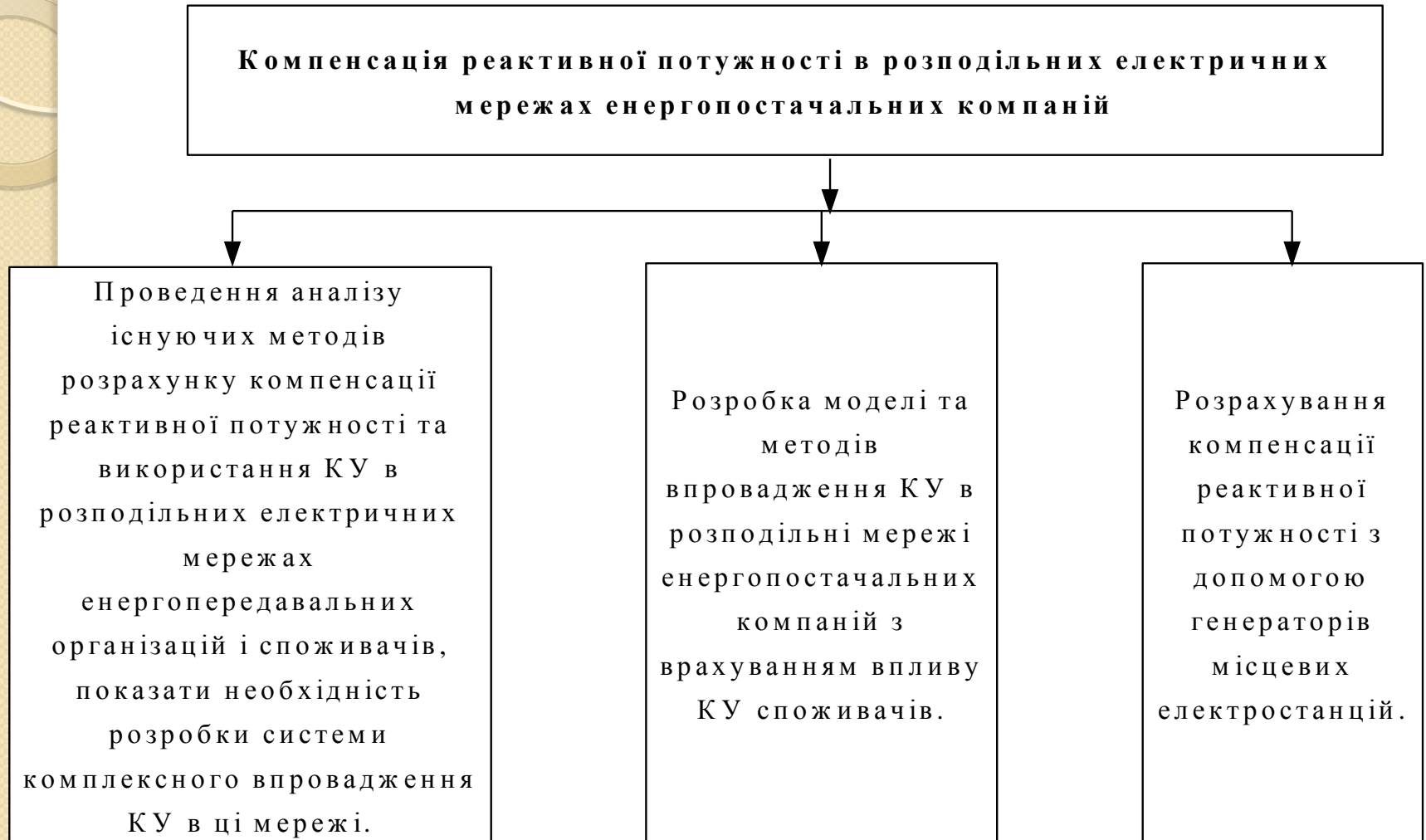


Рис. 1 – Задачі оптимізації процесу впровадження конденсаторних установок

# Оптимізація потоків реактивної потужності в розподільних електричних мережах

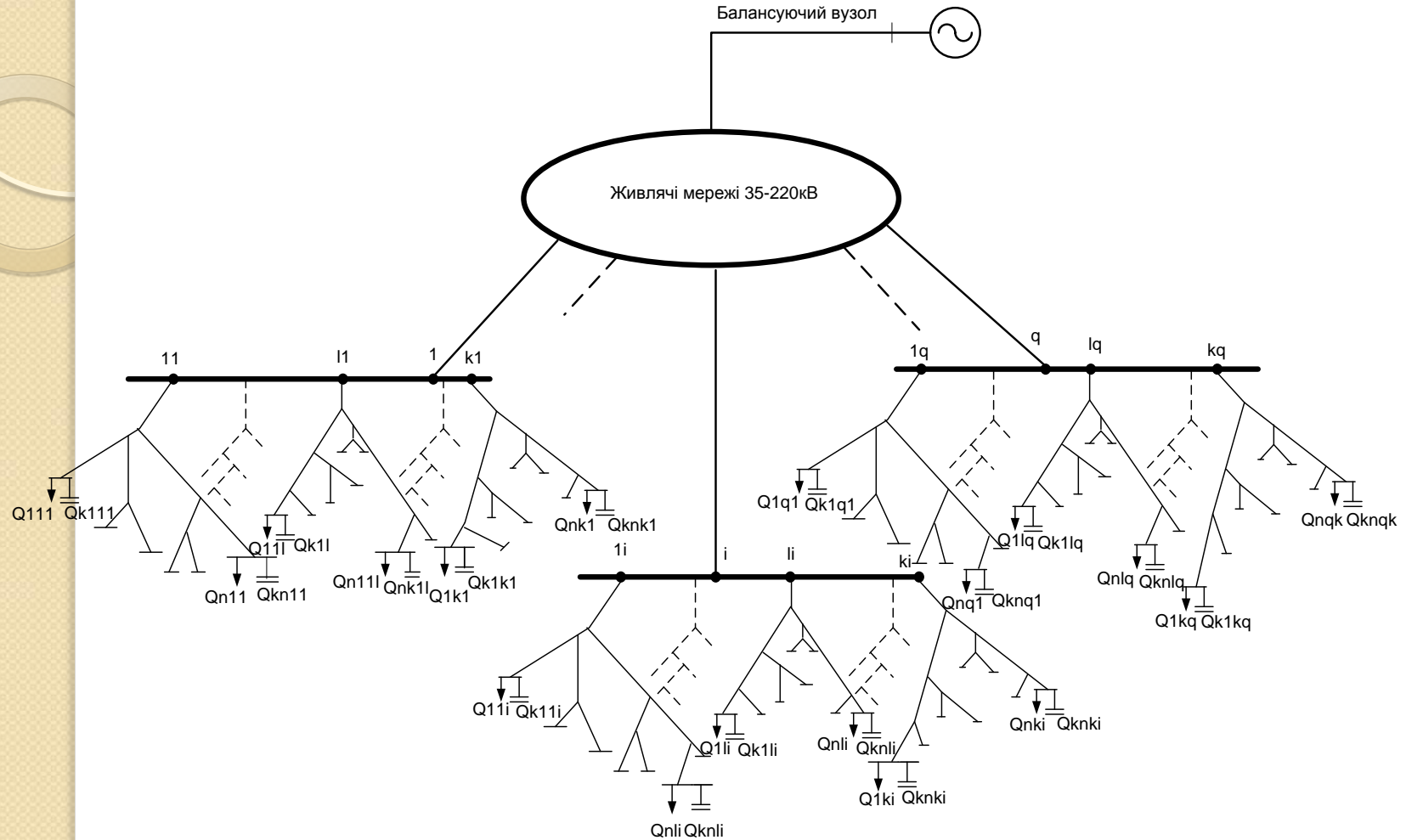


Рис. 2 - Розрахункова схема при оптимізації потоків реактивної потужності в розподільних електричних мережах

Ця схема представлена як дві підсистеми: живильні та розподільчі мережі. З рисунка видно, що розподільчі мережі складаються з  $q$  розподільчих підсистем,  $i = 1, \dots, q$ , а  $i$ -та розподільча підсистема складається з  $k_i$  розподільчих дерев,  $l_i = 1, \dots, k_i$ . Мережа дерева  $l_i$  є розімкненою і має  $n_{li}$  навантажувальних вузлів,  $s_{li} = 1, \dots, n_{li}$ .

# Покроковий розрахунок компенсації реактивної потужності в розподільних електричних мережах

Сумарне зниження втрат визначається як:

$$\delta P_{\Sigma} = \frac{2 Q_{ksli}}{U_H^2} \cdot \left( \sum_{s_{li}=1}^{s_{li}=n_{li}} Q_{s_{li}} \cdot R_{ps_{li}} + R_{s_{li}s_{li}} \cdot \left( Q_{s_{li}} - \frac{Q_{ksli}}{2} \right) + \sum_{f=1}^{f=p} Q_p \cdot R_{pf}^{\text{ж}} + R_{pp}^{\text{ж}} \cdot \left( Q_p - \frac{Q_{ksli}}{2} \right) \right) \quad (1)$$

З формули (2) видно, що установлення КУ потужністю в різних вузлах дерева лі дає різну величину:

$$\delta P_{ps_{li}}^{\text{max}} = \max_{s_{li}=1}^{n_{li}} (\delta P_{ps_{li}}), \quad (2)$$

Функція відображає залежність максимального зниження втрат на кожному етапі від величини сумарної потужності  $Q_{kq}$ .

$$Q_{k\Sigma}^0 = f_3^{-1}(Q_{k\Sigma}) \quad (3)$$

# Визначення послідовності встановлення КУ в міських мережах м. Вінниці, приклад 1.

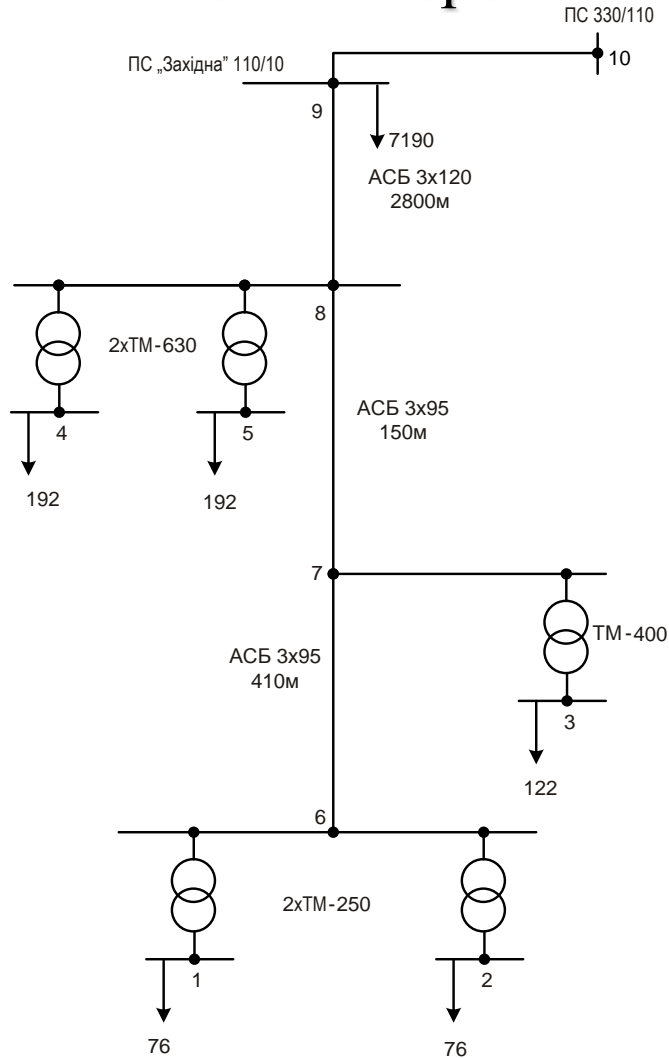


Рис.3 - Розрахункова схема ділянки РМ

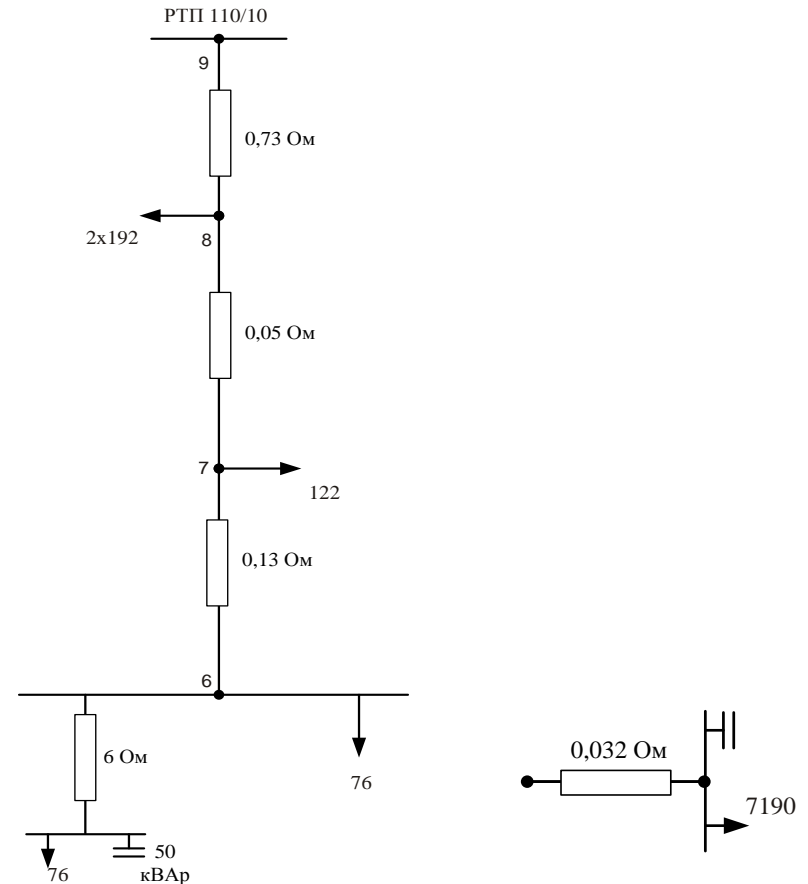


Рис. 4 - Розрахункова схема відповідно розробленого методу декомпозиції: а) – розподільні мережі; б) – живильні мережі.

## Приклад покровокого розрахунку компенсації реактивної потужності в розподільних електричних мережах

Визначимо зниження втрат активної потужності в 1-му вузлі

$$\begin{aligned} \delta(\Delta P)_{11} &= \frac{1}{U_H^2} \cdot [Q_{KV1} \cdot 2 \cdot (Q_2 \cdot (R_{6-7} + R_{7-8} + R_{8-9}) + Q_3 \cdot (R_{7-8} + R_{8-9}) + Q_4 \cdot (R_{8-9}) + Q_5 \cdot (R_{8-9})) + \\ &+ (R_{1-6} + R_{6-7} + R_{7-8} + R_{8-9}) \cdot (2 \cdot Q_1 \cdot Q_{KV1} - Q_{KV1}^2)] = \frac{1}{10^2} \cdot [50 \cdot 2 \cdot (76 \cdot (0,13 + 0,05 + 0,73) + \\ &+ 122 \cdot (0,05 + 0,73) + 192 \cdot 0,73 + 192 \cdot 0,73)] + (6 + 0,13 + 0,05 + 0,73) \cdot (2 \cdot 76 \cdot 50 - 50^2) = 797,05 \text{ (Вт)} \end{aligned}$$

На кожному етапі було знайдено максимальні зниження втрат і відповідні місця установлення КУ. В результаті отримано, що КУ доцільно установлювати послідовно в таких вузлах: 3– 4– 5 – 1 – 2 – 4 – 5 – 3 – 4 – 5.

При установленні на першому етапі в живильній мержі КУ потужністю 50 квар зниження втрат активної потужності в цій мережі визначиться як:

$$\delta(\Delta P)_1 = \frac{1}{U_H^2} \cdot (2 \cdot 7190 \cdot Q_{KV1} - Q_{KV1}^2) \cdot R_{9-10} = \frac{1}{10^2} \cdot (2 \cdot 7190 \cdot 50 - 50^2) \cdot 0,032 = 229,28 \text{ (Вт)}.$$

Аналогічно знаходимо величини  $\delta(\Delta P)$  для потужностей 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 кВАр.

## Функція зниження втрат до прикладу №1

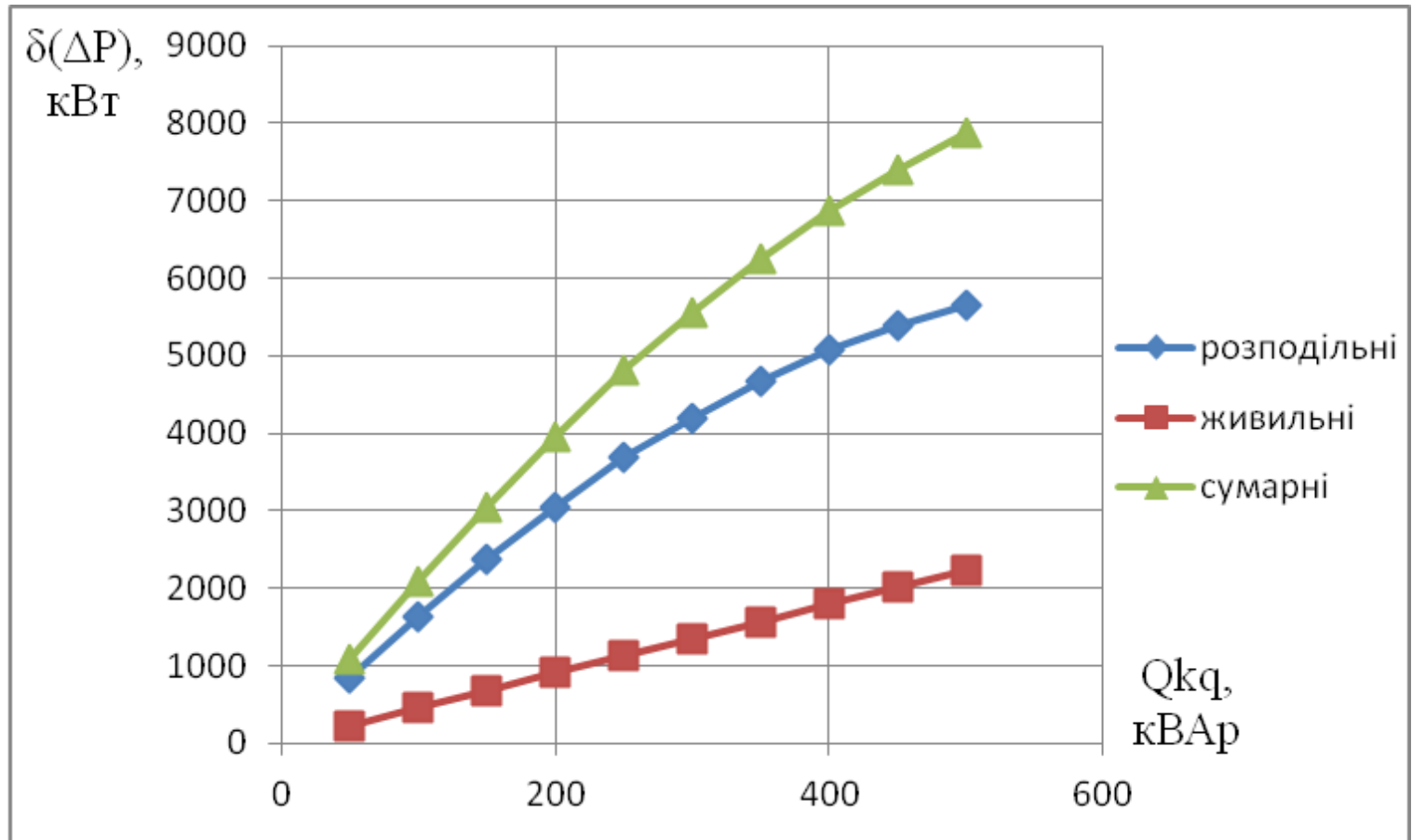


Рис. 5 - Графіки функції зниження втрат відповідно в розподільних, живлячих мережах та їх сумарного зниження від сумарної потужності КУ



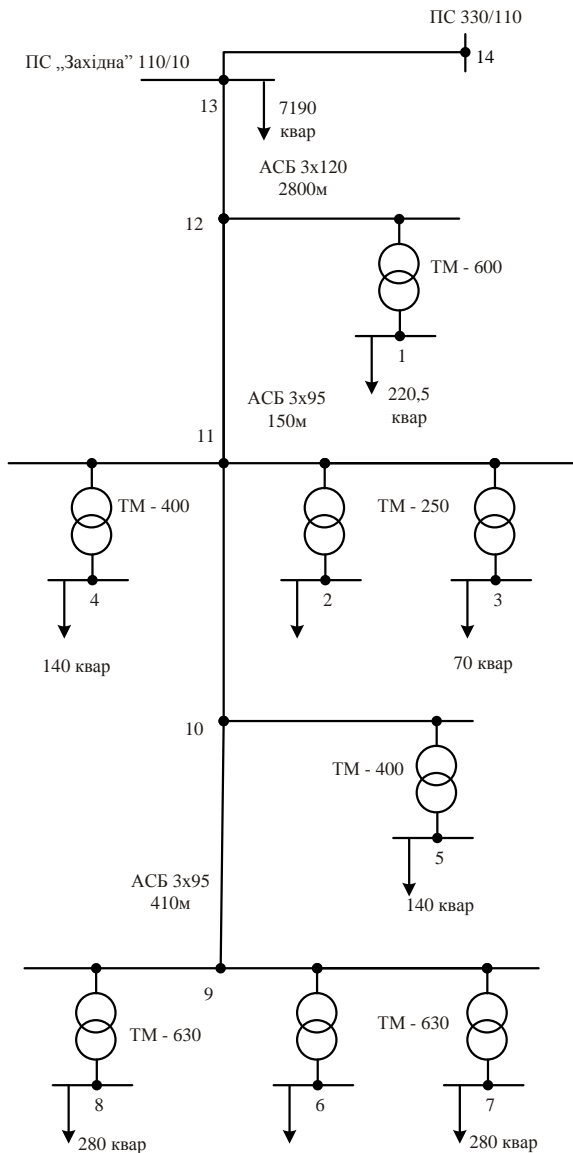


Рис.6 - Розрахункова схема ділянки РМ

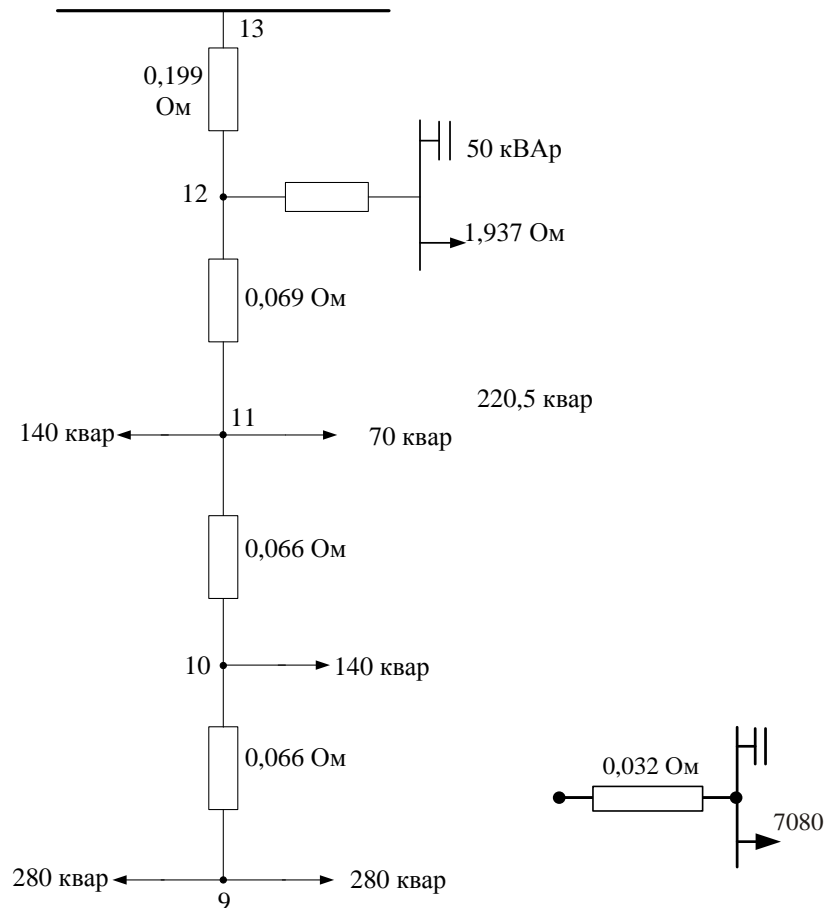


Рис. 7 - Розрахункова схема відповідно розробленого методу декомпозиції: а) – розподільні мережі; б) – живильні мережі.

## Функція зниження втрат до прикладу №2

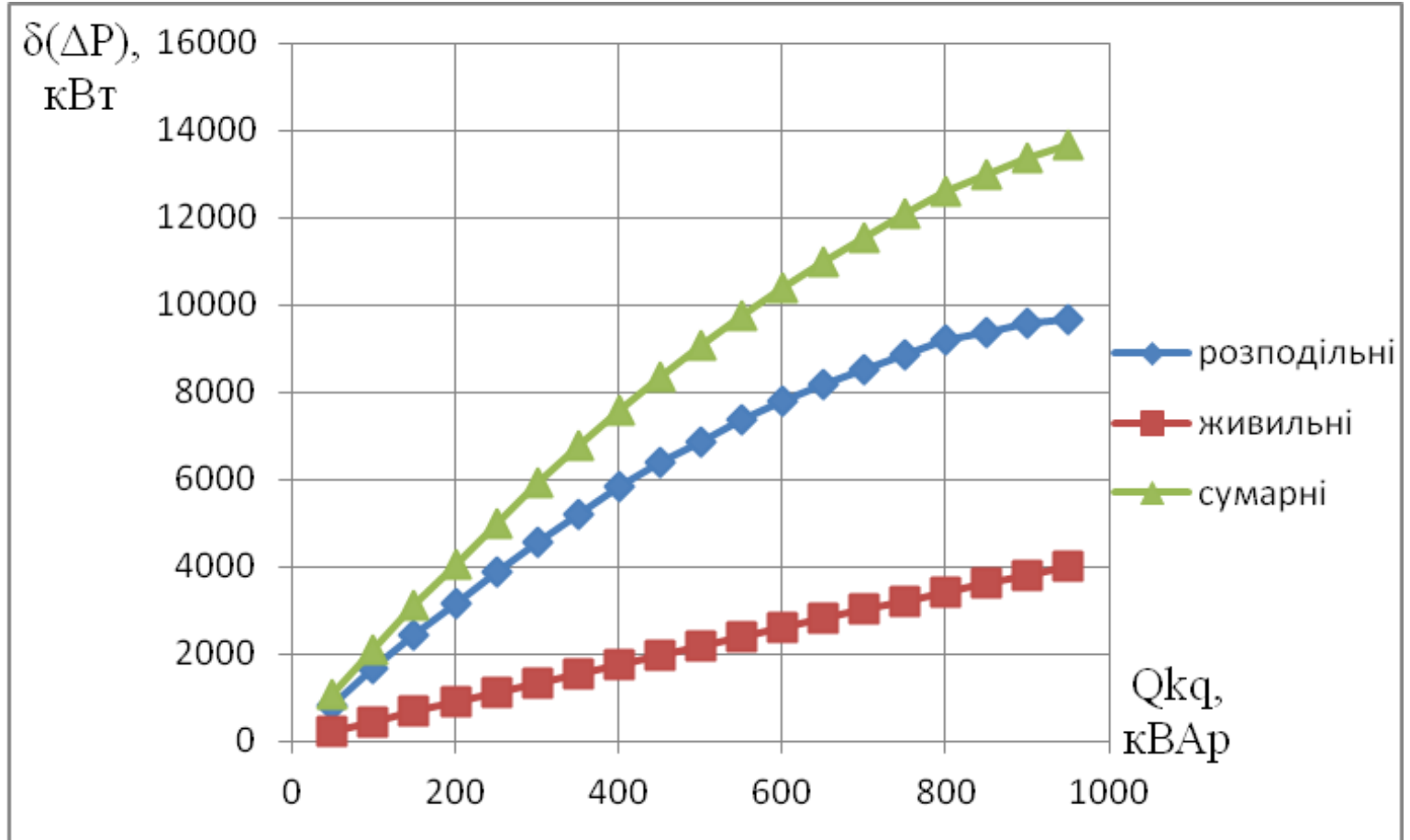


Рис. 8 - Графіки функції зниження втрат відповідно в розподільних, живлячих мережах та їх сумарного зниження від сумарної потужності КУ

## Розв'язання задачі при наявності місцевих електростанцій в розподільних мережах м. Вінниці

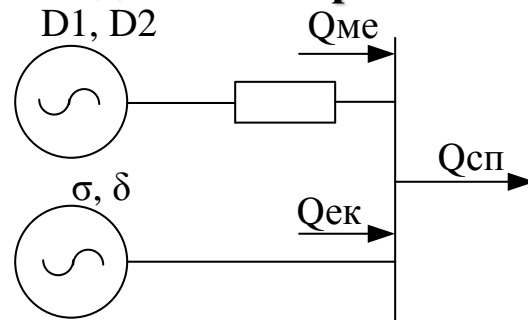


Рис.- 9 Заступна схема підключення місцевої електростанції до вузла мереж енергопостачальної компанії

$Q_{ек}$ ,  $Q_{ме}$  - реактивні потужності, споживачам відповідно від ЕК та МЕ;

$Q_{сп}$  - середнє реактивне навантаження споживачів;

$D_1$ ,  $D_2$  - технічні характеристики генератора МЕ;

$\sigma$ ,  $\delta$  - еквівалентні економічні характеристики енергосистеми, які визначають втрати активної потужності в мережах енергосистеми при передачі по них потужності.

$$\Delta P = \sigma(Q_{сп} - Q_{ме}) + \frac{\delta}{2}(Q_{сп} - Q_{ме})^2 + \frac{D_1}{Q_H}Q_{ме} + \frac{D_2}{Q_H^2}Q_{ме}^2 + \frac{Q_{ме}^2}{U_H^2} \cdot r \quad (4)$$

$$Q_{ме1}^o = \frac{\sigma + \delta Q_{сп} - \frac{D_1}{Q_H}}{\delta + 2\left(\frac{D_2}{Q_H^2} + \frac{r}{U_H^2}\right)} \quad (5)$$

## Вихідні дані:

Номинальна величина активної потужності  $P_H = 2500 \text{ кВт}$ ;  $D_2 = 12,2 \text{ кВт}$ ;

$D_1 = 19,6 \text{ кВт}$ ;  $Q_H = 1290 \text{ кВАр}$ ;  $U_H = 10 \text{ кВ}$ ;  $\sigma = 0,017 \text{ кВт/кВАр}$

$\delta = 8 \cdot 10^{-6} \text{ кВт/кВАр}^2$   $\alpha = 1,08 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$   $\beta = 0,4 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$   $r_{pm} = 0,5 \text{ Ом}$

Сільська електростанція підключена до вузла ЕК кабелем ААБ

3×150 довжиною 0,250 км з питомим опором  $r_0 = 0,256 \text{ Ом/км}$

Середнє реактивне навантаження споживачів 2500 кВАр. Тривалість роботи електростанції протягом року:  $T = 3000 \text{ год}$

## Приклад розрахунку використання місцевих електростанцій при розв'язанні задачі

Розв'язуємо задачу по мінімуму втрат потужності

$$Q_{\text{мел}}^0 = \frac{0,017 + 8 \cdot 10^{-6} \cdot 2500 - \frac{19,6}{1290}}{8 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot \left( \frac{12,2}{1290^2} + \frac{0,064 \cdot 10^{-3}}{10^2} \right)} = 910,771 \text{ (кВАр)}$$

$$\delta P_1 = 910,771 \cdot \left( 0,017 + 8 \cdot 10^{-6} \cdot \left( 2500 - \frac{1}{2} \cdot 910,771 \right) - \frac{19,6}{1290} - \frac{12,2}{1290^2} \cdot 910,771 \right) = 10,462 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{\text{ек1}}^0 = Q_{\text{сп}} - Q_{\text{мел}}^0 = 2500 - 910,771 = 1589,229 \text{ (кВАр)}$$

# Висновки

У магістерській кваліфікаційній роботі отримали подальший розвиток методи розрахунку компенсації реактивної потужності в міських електричних мережах, що полягає в розробці декомпозиції цих мереж при розв'язанні задачі.

- Розроблені декомпозиційні методи розрахунку компенсації реактивної потужності в розподільних електричних мережах м. Вінниці в порівнянні з існуючими методами дозволяють зменшити об'єм вхідної інформації необхідної для розрахунку компенсації реактивної.
- Обґрунтування доцільності використання місцевих електростанцій дає можливість додаткового зниження втрат електроенергії.

Дякую за  
увагу!