

УДК: 519.22:621.311:519.876.5-37

М. О. Степлюк, асп.;

Б. С. Рогальський, д. т. н., проф.;

І. П. Сосенко, студ.

## МАТРИЦЯ ШЛЯХІВ: АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ТА ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ

Показано удосконалений алгоритм складання матриці шляхів, придатний для використання на персональних обчислювальних машинах. Розглянуто приклади: розрахунок перетоків та втрат потужності, розрахунок ЕЕРП (економічних еквівалентів реактивної потужності), сортування списку віток графа у більш сприятливий до сприйняття вигляд. Запропоновано методи: одночасного розрахунку перетоків та втрат потужності, сортування списку віток графа.

Матриця шляхів є одною з трьох основних матриць за допомогою якої задається топографія графу, яка дозволяє спростити рішення багатьох задач. Основні галузі, де її можна використати такі: електроенергетика, водопостачання, газопостачання, транспорт, управління персоналом тощо.

Основною задачею матриці шляхів є визначення взаємозв'язків між ланками графа. Матриця шляхів використовується, коли необхідно визначити:

— розрахунок навантажень віток графа;

— розрахунок шляху від одного вузла до іншого;

— знаходження кількості приєднаних віток до вузла, що розглядається.

Алгоритм автоматичної побудови матриці шляхів розглянуто у [2]. В експерименті було виявлено, що новий алгоритм працює у 2—3 рази швидше у порівнянні з алгоритмом розглянутим у [2], що залежить від розміру введеної мережі.

Запропонований алгоритм (рис. 1) дозволяє скласти матрицю шляхів для розімкненого графа будь-якої складності. Вихідною інформацією є масиви  $N1(Kv)$  та  $N2(Kv)$ , де  $Kv$  — це кількість віток або вузлів (для розімкнених графів кількість віток і вузлів співпадає),  $N1$  — це номери початкових вузлів кожної вітки,  $N2$  — номери кінцевих вузлів кожної вітки. При цьому номер у масиві відповідає номеру вітки [1].

Удосконалення полягає у тім, що у циклах присутніх у алгоритмі, було додано виходи з циклу одразу як знайдено необхідний параметр, також були змінені межі виконання циклів (у попередньому варіанті розглядалися в тому числі завідомо відомі значення, що спричиняло виконання великої кількості операцій).

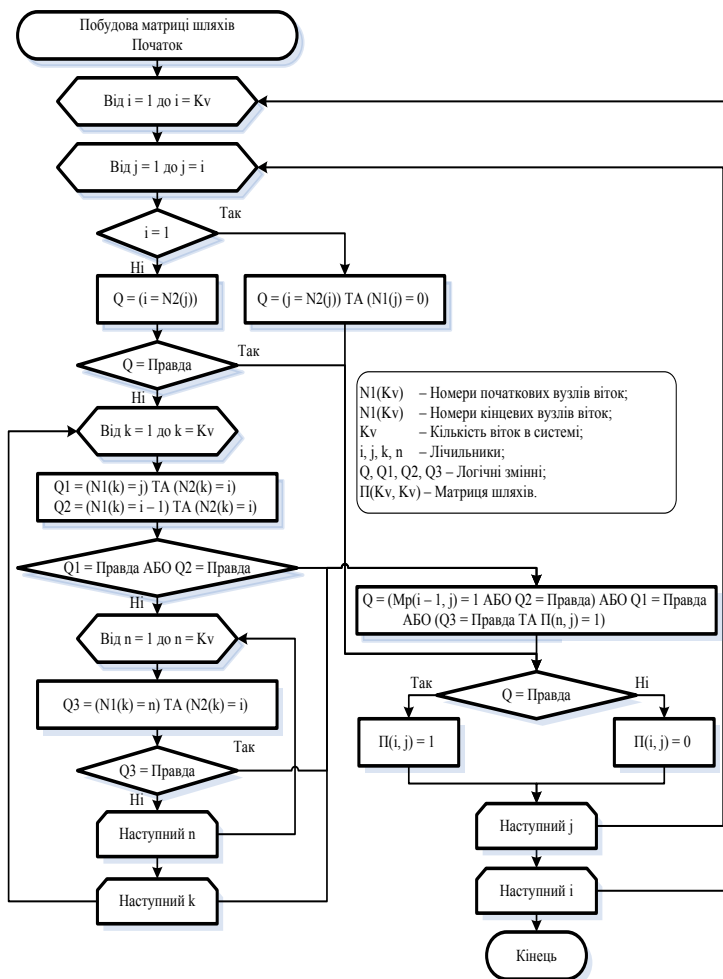


Рис. 1. Алгоритм автоматичного складання матриці шляхів для розімкненого графу будь-якої складності

Покажемо на прикладі, як можна використовувати матрицю шляхів. У таблиці 1 подано граф мережі, складена для нього матриця шляхів задані також потужність вузлів і опори віток для задач, що розглядаються. У таблиці 1:  $\Pi$  — матриця шляхів;  $Q$  — реактивні потужності вузлів, кВАр;  $X$  — опори віток, Ом.

Таблиця 1

Приклад — граф, його матриця шляхів та вихідні данні

Граф	$\Pi$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$Q$ , кВАр	$X$ , Ом
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0,02
	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0,03
	4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	20	0,01
	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	15	0,015
	6	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0,01
	7	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	20	0,02
	8	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	25	0,03
	9	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	20	0,04
	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	30	0,05

**Задача 1. Розрахунок перетоків потужності та втрат у мережі**

У загальному випадку розрахувати перетоки потужності по вітках можна за формулою (1) [3], але точність розрахунку підвищується, якщо розрахувати перетоки потужності одночасно з урахуванням втрат у мережі.

$$Q_B = \Pi Q \tag{1}$$

Для цього краще скористатись запропонованим методом, зображеним на рис. 2 у вигляді алгоритму. Варто зауважити, що даний алгоритм можна використовувати для розрахунку інших параметрів, наприклад, одночасно розраховувати напруги, втрати напруги та активні і реактивні складові потужності. Покажемо результати у таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахунок перетоків потужності із врахуванням втрат

№	$X$ , Ом	$U$ , В	$Q$ , кВАр	$\Delta Q_{\text{зх}}$ , кВАр	$Q_{\text{вуз}}$ , кВАр	$\Delta Q_{\text{втр}}$ , кВАр	$Q_{\text{в}}$ , кВАр	$Q_{\text{в (за (1))}}$ , кВАр
1	0,05	10	0	0	15,98	15,98	194,75	145
2	0,2	10	10	0	23,7	13,7	96,46	75
3	0,3	10	5	0	10,4	5,4	47,81	40
4	0,1	10	20	0	24,58	4,58	72,76	65
5	0,15	10	15	0	15,34	0,34	15,34	15
6	0,1	10	0	0	0,47	0,47	22,07	20
7	0,2	10	20	0	20,8	0,8	20,8	20
8	0,3	10	25	0	26,88	1,88	26,88	25
9	0,4	10	20	0	21,6	1,6	21,6	20
10	0,5	10	30	0	34,5	4,5	34,5	30
Всього:			145	0	194,75	49,75		

Слід зазначити, що в даному прикладі матриця шляхів розглядається по стовбцях. Таким чином, виконується повузловий аналіз приєднаних віток у зворотному напрямку перегляду мережі.

Зворотний порядок розрахунку дає можливість враховувати втрати та перетоки потужностей, уникаючи повторних розрахунків втрат і, як наслідок неточного їх визначення, що і відрізняє даний метод від розрахунку за формулою (1).

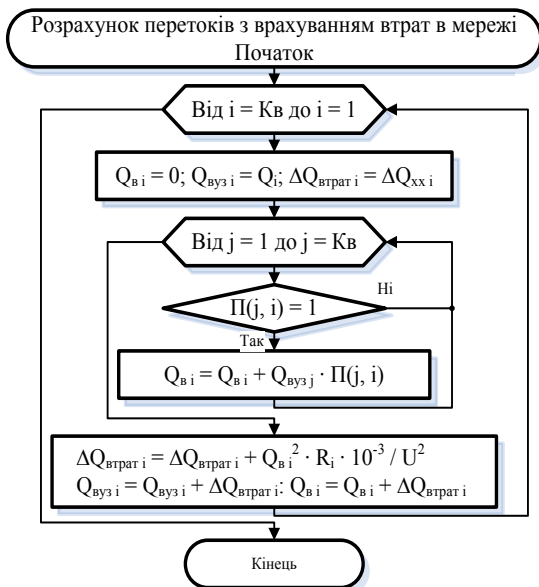


Рис. 2. Алгоритм розрахунку перетоків реактивної потужності з врахуванням втрат (в алгоритмі:

$\Delta Q_{xx}$  — втрати холостого ходу вітки;  
 $Q_{вуз}$  — потужність, що споживається вузлом;  
 $\Delta Q_{втрат}$  — повні втрати у вітці;  
 $R$  — опір вітки;  $U$  — напруга)

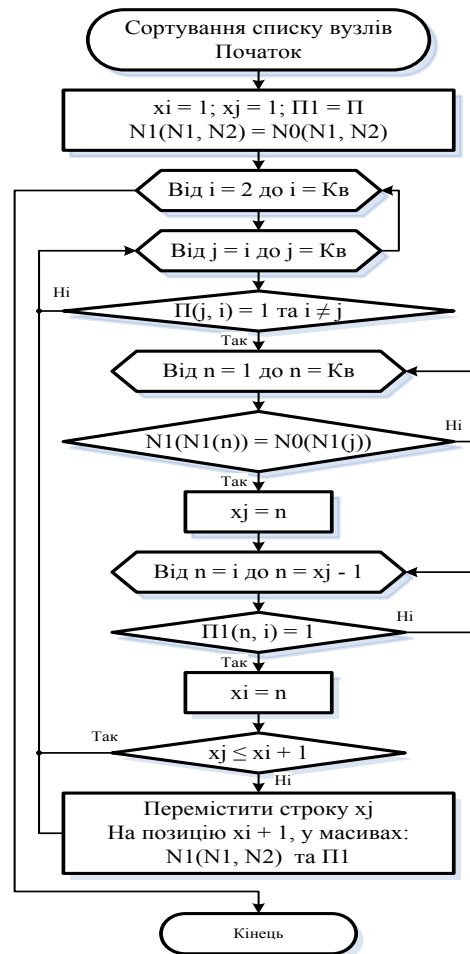


Рис. 3. Алгоритм сортування списку

### Задача 2. Визначити плату за споживану реактивну потужність

У 2002 році введено в дію методику обчислення плати за перетоки реактивної потужності між споживачами та енергопостачальними організаціями [3]. В [4] показано, що ЕЕРП (економічний еквівалент реактивної потужності) можна розраховувати значно простіше (порівняно з методом, запропонованим в [3]) за формулами

$$\Delta Z_i = D_i T_{\text{ОПТ}}; \quad (2)$$

$$D_i = \frac{\Delta P_i}{Q_i};$$

$$\Delta P = \frac{10^{-3}}{U^2} \times \text{diag}(Q) \times \Pi \times \text{diag}(R) \times \Pi^t \times Q,$$

де  $T_{\text{ОПТ}}$  — оптовий тариф за електричну енергію, грн/кВт·год.

### Задача 3. Сортування списку віток

У випадку коли система вводиться у хаотичному порядку є можливість сортувати введені вітки у зручнішому для сприйняття користувачем порядку (таблиця 3). Такий алгоритм зображено на рис. 3.

## Результати сортування списку віток графа

Граф до сортування	Матриця шляхів до сортування										
	П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	6	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	7	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
	8	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	9	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Граф після сортування	Матриця шляхів після сортування										
П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
	5	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	7	1	0	0	0	0	1	1	0	0	
	8	1	0	0	0	0	1	0	1	0	
	9	1	0	0	0	0	1	0	1	1	
	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	

## Висновки

1. Наведено удосконалений алгоритм складання матриці шляхів, придатний для програмування на персональних обчислювальних машинах (порівняно з [2]).

2. Показані приклади використання матриці шляхів у задачах: одночасного розрахунку перетоків та втрат потужності у розімкнених схемах будь-якої складності, визначення ЕЕРП; сортування графу. Запропоновано методи і алгоритми вирішення даних задач.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П. Д. Использование подпрограмм-функций для представления схем электрических сетей при расчетах на ЭВМ / П. Д. Лежнюк, В. И. Нагул // Изв. ВУЗ СССР. Энергетика — 1981. — № 5. — С. 40—45.
2. Степлюк М. О. Методи вирішення економічної і балансової задач компенсації реактивних навантажень для мереж підсистеми / Б. С. Рогальський, М. О. Степлюк // Промислова енергетика та електротехніка. Промелектро. — 2005. — № 6. — С. 20—27.
3. Методика обчислення плати за перетікання реактивної енергії між електропередавальною організацією та її споживачами: затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України № 19. — чинний від 17 січня 2002 р.
4. Нанака О. М. Про використання економічних еквівалентів реактивної потужності для визначення плати за перетікання електроенергії між енергопостачальними компаніями та їх споживачами / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. — 2004. — №4. — С. 44—51.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики

Надійшла до редакції 21.10.08  
Рекомендована до друку 20.11.08

**Степлюк Максим Олександрович** — аспірант, **Рогальський Броніслав Станіславович** — професор.

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту;

**Сосенко Ірина Петрівна** — студентка Інституту магістратури, аспірантури та докторантури.

Вінницький національний технічний університет