

5. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. : Энергия, 1977. – 344 с.
6. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-2009. Харьков : ООО Форт, 2010. – 704 с.

Стаття надійшла до редакції 03.10.2012.
Після доробки 30.10.2012.

Д. С. Ярымбаш, С. Т. Ярымбаш, І. М. Килимник

Ідентифікація електричних параметрів шихтованих шинних пакетів потужних коротких мереж

Запропоновано методику ідентифікації електричних параметрів однофазних шихтованих шинних пакетів короткої мережі короткої мережі електротехнічних комплексів графітації великої потужності. Застосовано комбінації процедур нормалізації та поліноміальної регресії даних для повних опорів та зсувів за фазою, отриманих методами чисельного моделювання процесів електромагнітного перетворення енергії, конвективного теплообміну та теплопровідності в області головних шинних пакетів печей графітації змінного струму із врахуванням геометричних розмірів, розташування шин та температурних режимів. Точність ідентифікації електричних параметрів підвищується у 2–2,5 рази у порівнянні з традиційною методикою.

Ключові слова: ніч графітації, коротка мережа, однофазні шихтовані пакети, електричні параметри, чисельне моделювання, нормалізація, поліноміальна регресія.

D. S. Yarymbash, S. T. Yarymbash, I. M. Kylymnyk

Identification of electrical parameters of powerful short-circuit laminated packs

New identification techniques of the electrical parameters of short-circuit single-phase laminated bus packs of high power graphitization complex are proposed. The combination of the procedures of normalization and polynomial regression data of the impedance and phase, obtained by numerical modelling of electromagnetic energy conversion, convective heat transfer and thermal conductivity of the main sections of bus packets graphitization furnace AC with the geometrical sizes of buses, their location and temperature conditions, are applied. Compared with the traditional method the accuracy of electrical parameters identification by 2–2,5 times are increased.

Key words: graphitization furnace, short network, one phase laminated packs, electrical parameters, numerical modelling, normalization, polynomial regression.

УДК 621.316.11

А. П. Заболотний¹, Д. В. Федоша², В. С. Мамбаєва³

¹Канд. техн. наук, доцент Запорізького національного технічного університету

^{2,3}Аспірант Запорізького національного технічного університету

МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Запропоновано модель визначення топології мережі на основі використання оцінки поліпшення варіанту схеми при зміні топології в окремих зонах, а також алгоритм визначення шляху прокладання магістралі.

Ключові слова: мережа, система електропостачання, магістраль, модель, топологія.

На практиці для систем електропостачання використовують радіальні, магістральні і змішані топології мережі.

Враховуючи переваги та недоліки різних топологій, а також рекомендації та методики щодо використання магістральної та радіальної схем [1], неможливо однозначно визначити топологію всієї мережі. Але використовуючи той фактор, що магістральна мережа має меншу вартість, можливо за допомогою оціночного методу визначити топологію мережі шляхом порівняння вартості капітальних та експлуатаційних витрат радіальної та магістральної схем.

Такий підхід дає можливість визначити зони застосування різних топологій, тобто в залежності від вихідних умов з'являється можливість отримати повністю радіальну, магістральну або змішану схему.

Рішення задачі визначення топології мережі умовно можливо розділити на два етапи.

На першому етапі необхідно побудувати радіальну мережу методом потенційної поверхні, який застосовується для рішення задач побудови мереж та в процесі своєї роботи визначає окремі зони, до яких можливо використати оціночний метод [2].

Для уточнення зон, за фактором «заборони» розташування джерел живлення, слід скористатися методами розпізнавання, у відповідності до яких передбачається розбиття простору об'єкту на області, що не перехрещуються, кожна з яких відповідає зображенню одного й того ж класу, до якого допускається елементарне аналітичне описання [3].

На другому етапі будується магістральна мережа за відомими результатами побудови радіальної схеми, при цьому застосовується алгоритм, метою якого є покращення варіанту радіальної мережі за зведеними витратами.

Основною задачею при побудові магістральної мережі є визначення шляху прокладання магістралі та кількості приймачів, які до неї приєднуються.

Для вирішення цієї задачі застосовується теорія графів. При цьому мережа асоціюється з її лінійним графом, де за вершини приймаються джерело живлення та

електроспоживачі, за вагу дуги взято суму витрат на побудову магістралі та експлуатаційних витрат.

Ці витрати розраховуються за формулою [4]

$$Z = 0,15 \cdot K + \frac{a_a + a_o + a_p}{100} \cdot K + C_0 \cdot \tau \cdot I^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де K – капітальні вкладення на побудову мережі, грн.; 0,15 – коефіцієнт ефективності капіталовкладень; C_0 – вартість електричної енергії, грн/кВт-год; a_a – відрахування на амортизацію, які складаються з відрахувань на ремонт і реновацію та залежать від строку служби електрообладнання; a_p – відрахування на поточний ремонт, які складають 0,5–1 %; a_o – відрахування на обслуговування.

Для побудови магістралі слід знайти мінімальний шлях обходу графа, для чого в багатьох випадках використовують алгоритм Дейкстри. Однак за результатами дослідження роботи даного алгоритму було зроблено висновок, що із всіх варіантів, що будуть розглядатися, поліпшити значення, яке взяте мінімальним (витрати на побудову ділянки мережі від джерела живлення до найбільш віддаленого споживача), не вдасться, оскільки збільшуються як протяжність магістралі, так і втрати потужності на окремих ділянках мережі. Тобто, алгоритм Дейкстри не дає можливості використовувати його для побудови моделі мережі електропостачання [5].

Вирішення даного питання (знаходження мінімального шляху обходу графа) можливе завдяки застосуванню методу на основі сіткового планування.

Суть цього методу полягає в такому. Потрібно прокласти магістралі, захопивши якомога більше приймачів таким чином, щоб вартість магістралі не перевищувала вартість радіальних ліній, які живили ті ж приймачі. Початкової вершини у складі графа привласнюється мітка 0. Інші вершини графа отримують мітку M , де M – нескінченно велике число. У всіх вершин, у яких мітка кінцевої вершини більша за суму (мітка початкової вершини плюс вага дуги), замінюється мітка кінцевої вершини на цю суму.

Псевдокод сіткового методу має такий вигляд:

```

j = 0
V.Додати(j)
A[j] = 0
Для i = 1...N
    A[i] = M
Кінець
Цикл
    p = Фальш
    Для i = 1...N
        Якщо (A[j] + ВагаДуги(j,i) < A[i]) ТА (V.Неприсутній(i))
            A[i] = A[j] + ВагаДуги(j,i)
            p = Істина
    Кінець
Кінець
minA = M
minAi = 0
Для i = 1...N
    Якщо (minA > A[i]) ТА (V.Неприсутній(i))
        minA = A[i], minAi = i

```

Кінець
Кінець
 $j = \min A_i$
V.Додати(j)
Доки p = Істина

, де j – номер поточної вершини; V – масив відібраних до шляху вершин; A – масив вершин; N – кількість вершин; p – ознака продовження головного циклу; ВагаДуги(j, i) – функція, що повертає значення ваги дуги між j -ю та i -ю вершинами; $\min A_i$ – проміжні змінні для знаходження мінімального значення мітки; V.Додати(j) – метод, що додає значення j в кінець масиву V ; V.Неприсутній(i) – метод, що перевіряє неприсутність значення i в масиві V .

Використаємо цей метод в алгоритмі побудови магістральної мережі (рис. 1).

На першому кроці шукається найвіддаленіший споживач, від якого будується магістраль, при цьому йому привласнюється мітка 0, а іншим вершинам мітка M .

Проводиться розрахунок ваг дуг та переписування масиву, який містить значення вершин графа, тобто якщо сума ваги дуги плюс значення мітки початку цієї дуги менша за M , то кінцевій вершині цієї дуги привласнюється значення цієї суми.

Розрахунок триває до тих пір, доки не досягається кінцева точка (джерело живлення), або доки вартість побудови магістралі буде нижчою, ніж вартість радіальної мережі, або доки будуть дотримуватись гранично припустимі вимоги за втратами напруги.

Таким чином, модель визначення топології мережі електропостачання буде складатися з двох етапів.

На першому етапі будується радіальна мережа, при побудові якої використовується метод потенційних поверхонь. Тобто, визначається кількість джерел живлення (розподільчі пристрої, трансформаторні підстанції) та координати їх встановлення, а також розподілення електроприймачів по цих джерелах живлення за принципами радіальної топології. Також на цьому етапі визначається потужність джерел живлення, здійснюється вибір типів трансформаторів та кількість приєднань до розподільчого пристрою.

На другому етапі проводиться спроба поліпшити структуру мережі, отриманої на першому, шляхом побудови магістральних ділянок. Для цього використовується оціночний метод.

Блок-схема алгоритму описаної моделі визначення топології мережі електропостачання наведена на рис. 2.

Розроблена модель визначення топології мережі електропостачання була реалізована програмно за допомогою мови програмування Python та пакета математичного обчислення SciPy.

Для проведення чисельного експерименту були прийняті такі початкові умови для електроприймачів, розташованих на плані (табл. 1).

Структура радіальної мережі для вказаних електроприймачів наведена у табл. 2.

Послідовність утворення магістралі прослідкуємо на прикладі 2-ї групи (рис. 3).

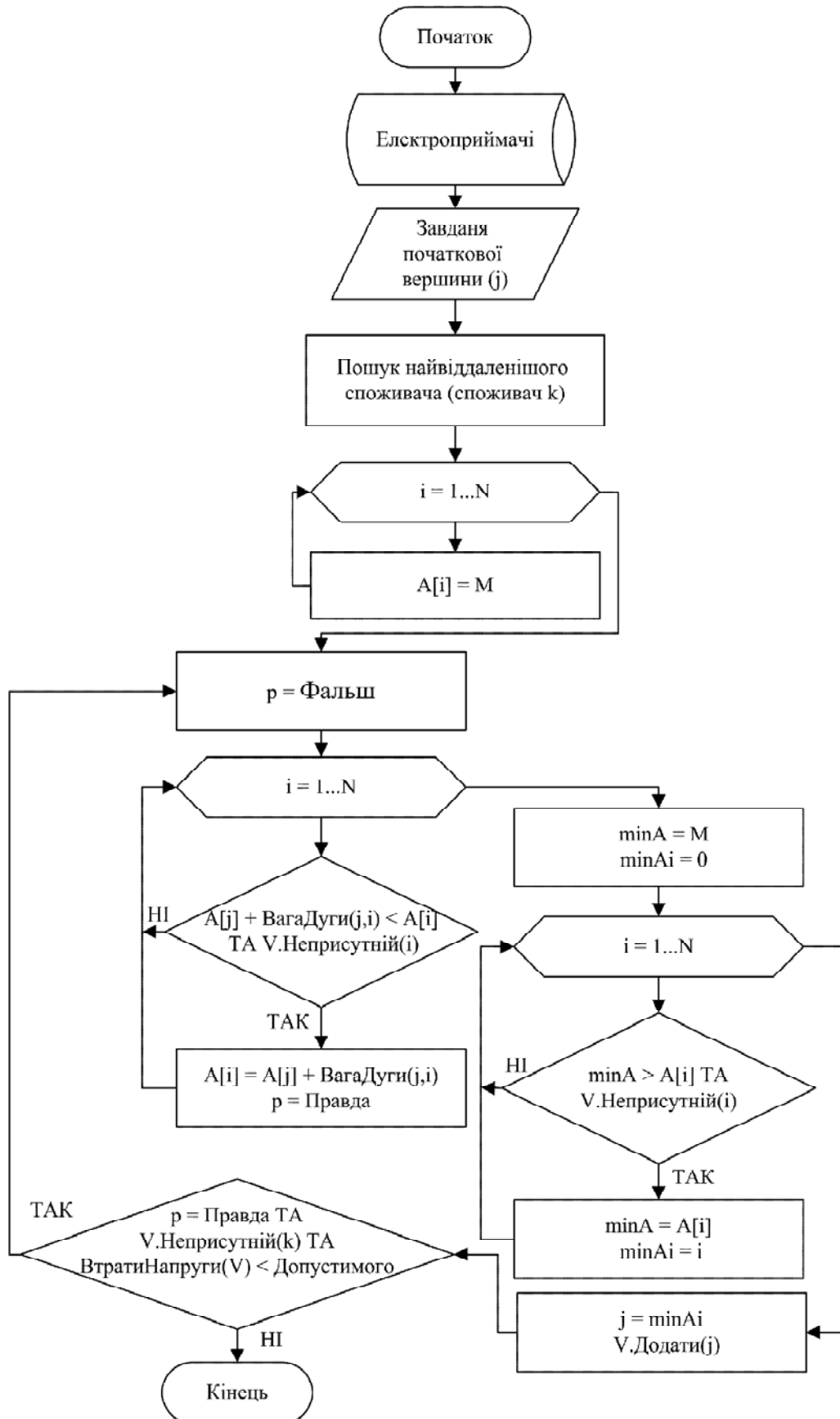


Рис. 1. Блок-схема алгоритму побудови магістральної мережі

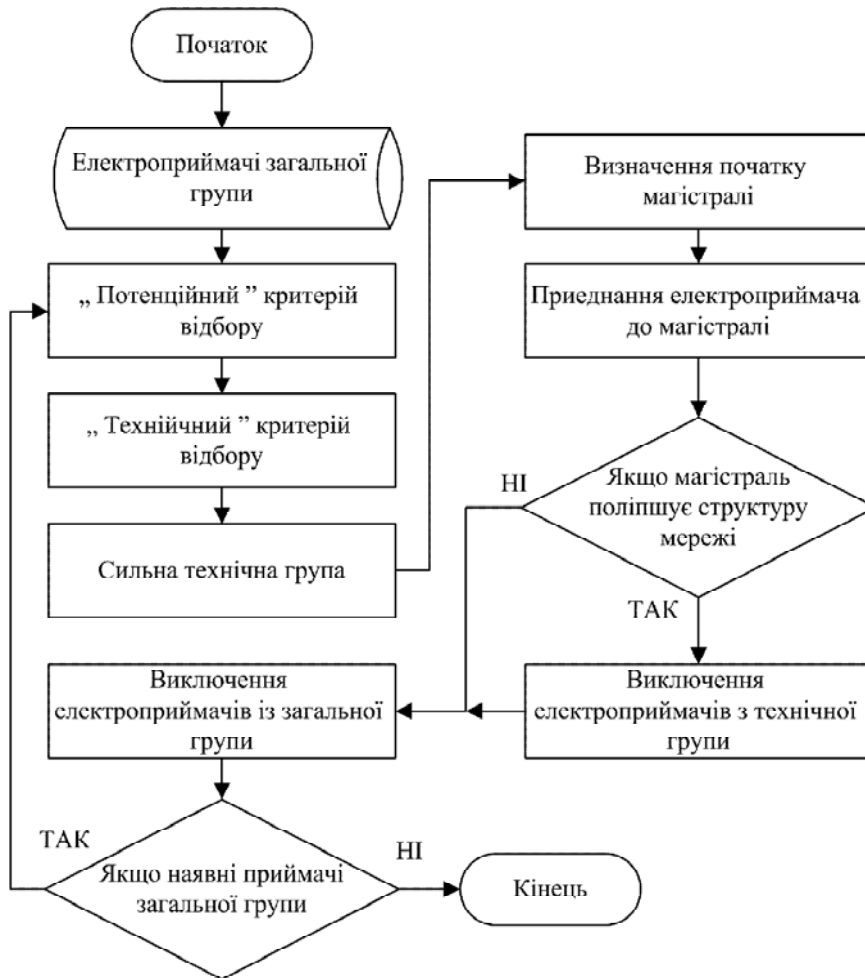


Рис. 2. Блок-схема алгоритму визначення топології мережі електропостачання

Таблиця 1. Параметри електроприймачів

№ еп.	X, м	Y, м	P, кВт	№ ес.	X, м	Y, м	P, кВт
1	38	94	191	15	68	91	255
2	15	110	92	16	80	70	79
3	44	116	185	17	87	91	43
4	22	133	139	18	104	72	16
5	42	107	230	19	88	106	18
6	26	121	41	20	67	72	120
7	29	98	70	21	86	72	95
8	7	53	253	22	109	40	231
9	17	63	67	23	105	24	68
10	20	52	128	24	119	40	48
11	28	43	67	25	83	53	72
12	35	71	53	26	101	56	65
13	25	72	16	27	125	55	65
14	41	71	205	28	83	21	16

Таблиця 2. Структура радіальної мережі

№ групи	Склад групи	Координати розташування джерела живлення (X; Y), м
1	4, 6, 2, 3, 5, 7, 1, 13, 12, 14	(40; 100)
2	9, 8, 10, 11	(11; 53)
3	15, 20, 18, 21	(69; 93)
4	16, 22, 17, 19, 26, 27	(94; 58)
5	28, 23, 25, 24	(122; 38)

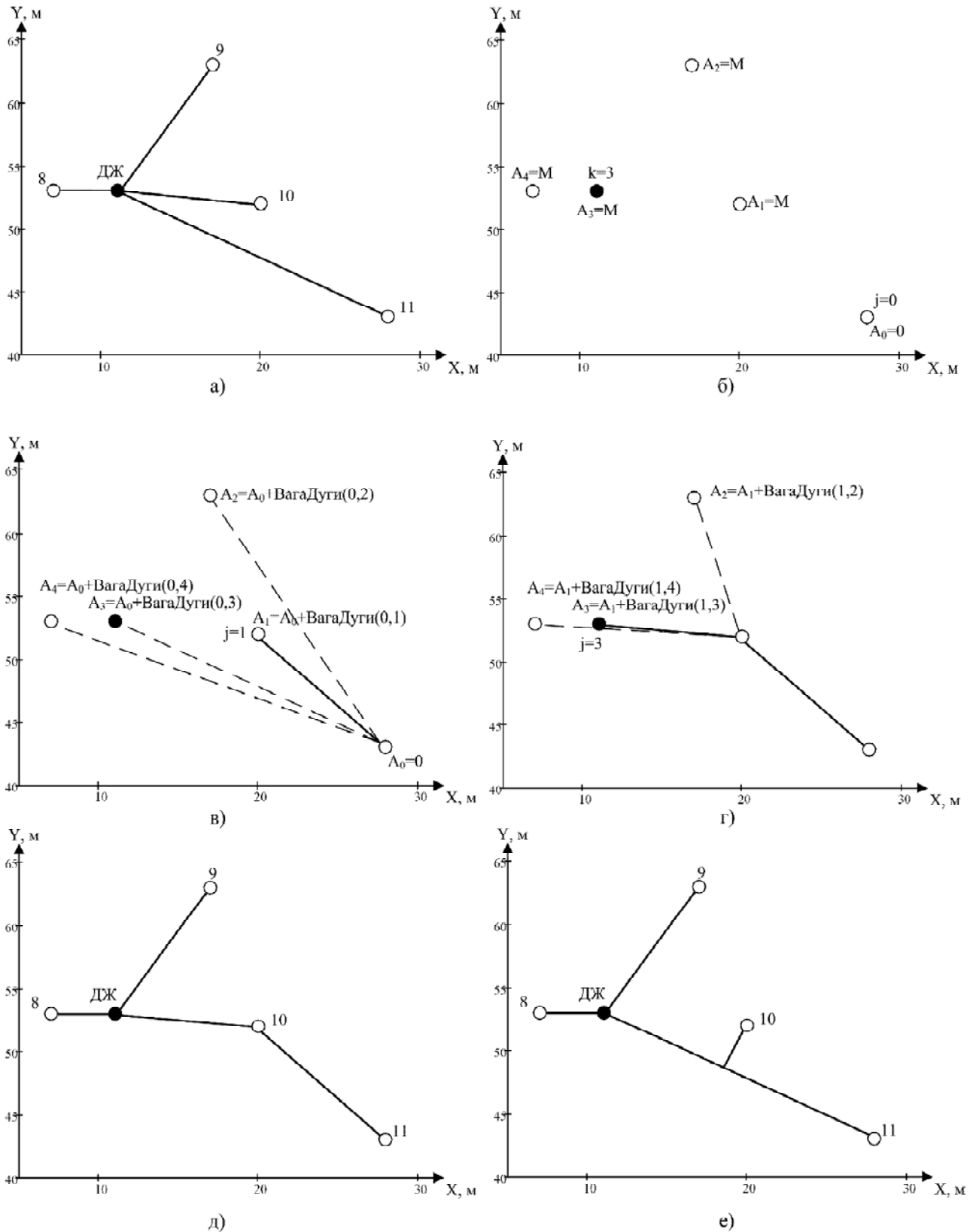


Рис. 3. Послідовність утворення магістралі групи номер 2: а) група перед початком утворення; б) початок утворення та задання початкової (j) і кінцевої (k) вершин проходження магістралі, а також присвоєння міток M іншим електроприймачам; в) пошук наступної вершини графа проходження магістралі; г) процес пошуку наступної вершини графа проходження магістралі, випадок наступна вершина це кінцева точка; д) група після утворення магістралі; е) зменшення довжини магістралі за рахунок використання відпайки

ВИСНОВКИ

Для визначення топології мережі електропостачання побудовано математичну модель, яка містить в собі елементи теорії графів та метод потенційної поверхні, в основу якої покладено порівняння вартості побудови радіальної та магістральної мережі, а також порівняння експлуатаційних витрат.

Розроблено алгоритм визначення шляху прокладання магістралі, що дає змогу суттєво зменшити вплив суб'єктивізму проектувальника при вирішенні задачі побудови розподільчої мережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.

2. Заболотний, А. П. Удосконалений метод потенційної функції для формування оптимальної структури розподільчої мережі / А. П. Заболотний, Д. В. Федоша, Н. Л. Криворученко, О. О. Яценко // Електротехніка та електроенергетика. – 2008. – № 1. – С. 74–80.

3. Качан, Ю. Г. О возможности распознавания топологии оптимальной системы электроснабжения / Ю. Г. Качан, В. В. Дьяченко // Гірничі електромеханіка та автоматика. – 2007. – № 78. – С. 3–5.

4. Державний стандарт України. Енергозбереження. Системи електроприводу. Метод аналізу та вибору : ДСТУ 388-99. – К. : – Держстандарт України, 2000. – 122 с.

5. Заболотний, А. П. Алгоритм визначення проміжних вузлів навантаження радіальних розподільчих мереж / А. П. Заболотний, Д. В. Федоша, К. І. Парусімова, С. В. Усенко // Електротехніка та електроенергетика. – 2010. – № 1. – С. 66–71.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2011.

А. П. Заболотний, Д. В. Федоша, В. С. Мамбаева
Модель определения топологии сети электроснабжения

Предложена модель определения топологии сети на основе использования оценки улучшения варианта схемы при изменении топологии в отдельных зонах, а также алгоритм определения пути прокладки магистрали.

Ключевые слова: сеть, система электроснабжения, магистраль, модель, топология.

A. P. Zabolotniy, D. V. Fedosha, V. S. Mambayeva
Model for mains topology determination

We propose a model for defining the mains topology based on evaluation of mains improvement by changing the topology in certain areas, as well as the algorithm for determining the mains routing.

Key words: mains, power supply system, route, model, topology.

УДК 621. 316

А. С. Кобозев¹, А. Г. Середя², Л. Б. Жорняк³, В. В. Моргун⁴

^{1,2}Канд. техн. наук, доцент Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

³Канд. техн. наук, доцент Запорожского национального технического университета

⁴Студент Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СОБСТВЕННЫХ НУЖД АЭС НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ

Приведено научно обоснованное техническое решение модернизации автоматических выключателей за счет микропроцессорных устройств защиты, выходные цепи которых воздействуют на независимые электромагнитные расцепители этих выключателей. Такое решение позволяет проводить углубленный анализ процессов в электрических цепях и реализовывать «дальнее резервирование» за счет построения быстродействующей селективной защиты и повышения чувствительности защиты к токам КЗ. В результате повышается надежность защиты электроустановок собственных нужд напряжением 0,4 кВ АЭС.

Ключевые слова: автоматический выключатель, надежность, микропроцессорное устройство защиты, дальнее резервирование, время срабатывания, селективность.

ВВЕДЕНИЕ

Бесперебойная работа электрооборудования возможна только при наличии защитных устройств, реагирующих на нарушение нормальной работы электроустановок и вовремя отключающих поврежденные элементы

от неповрежденных. Для этих целей служат автоматические выключатели, широко используемые как в городских электрических сетях, так и в электроустановках промышленных предприятий. Высокая чувствительность автоматических выключателей позволяет определять ава-

© А. С. Кобозев, А. Г. Середя, Л. Б. Жорняк, В. В. Моргун, 2012