

ВИЗНАЧЕННЯ МНОЖИНИ ДВС З РЕЗЕРВОВАНИМ ЖИВЛЕННЯМ ЗАДАНИХ ВУЗЛІВ

*Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, Україна*

Пропонується методика побудови надлишкових структур. Це дозволяє якнайповніше враховувати всі можливі зв'язки між елементами системи для визначення множини варіантів структур інженерних мереж та вибору серед них оптимального. Наводиться метод побудови варіантів структур з резервованим постачанням визначених користувачів.

Постановка проблеми. Для підвищення надійності постачання користувачів інженерних мереж (ІМ) є різні шляхи. Насамперед – це підвищення надійності та якості елементів, що складають систему. Тобто використання для виготовлення елементів та обладнання матеріалів з кращими показниками, підвищення вимог до якості конструкцій та виготовлення виробів. Важливу роль грає також підвищення якості будівельно-монтажних робіт і підвищення вимог до контролю якості будівництва.

Визначення оптимальної структури та значень параметрів ІМ залежить від правильного вибору проекрованої частини системи. Проектувальник інтуїтивно призначає певну множину варіантів, враховуючи в основному вимоги щонайменшої протяжності ліній та скорочення числа різних перетинів з перешкодами. Після обчислення приведених витрат для кожного варіанту та вибору серед них найкращого (відповідного до абсолютного мінімуму приведених витрат), визначається оптимальна структура мережі. Попередньо слід забезпечити максимальне використання можливостей підвищення якості складових елементів системи, які реалізують при конструюванні, виготовленні та прийманні елементів та вузлів в експлуатацію. Але коли настає межа цим можливостям, або подальше підвищення якості виявляється економічно невигідним, тоді доцільно використовувати резервування, що полягає в надлишковості мереж та дублюванні елементів. Такі заходи підвищують надійність ІМ та забезпечують належний рівень якості їх функціонування на довгий час.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Оптимальне рішення може бути поза множиною варіантів, що розглядаються проектувальником на інтуїтивній основі. Характерною є нерівномірність розподілу навантажень, що вагомо впливають на вибір кращої структури ІМ. За традиційною методикою всі потенційно оптимальні рішення структури не можуть бути строго враховані. Отже, при визначенні оптимального варіанту структури ІМ необхідно використовувати сучасні математичні методи, що дозволяють здійснювати цілеспрямований пошук різних структур та оцінювати кожен з них. Такий підхід засновано на методиці побудови надлишкових проектних схем [1, 2]. При виборі оптимального дерева (ОД), якому відповідає мінімум приведених

витрат на будівництво і експлуатацію ІМ, необхідно здійснювати визначення дерев надлишкової схеми [1]. Відомо [4], що ОД задовольняє умові:

$$\sum_{i \in \text{ДКШ}} m_i \geq \sum_{i \in \text{ОД}} m_i \geq \sum_{i \in \text{ДМВ}} m_i, \quad (1)$$

де m_i – вага i -ї ділянки структури ІМ. ДМВ - дерево мінімальної ваги, що не має циклів; ДКШ - дерево найкоротших шляхів, тобто дерево, для якого відстані від джерела до користувачів мінімальні.

Основний матеріал і результати.

Найкоротший шлях з u в v – це будь-який шлях p з u в v , для якого $w(p) = \delta(u, v)$, де: $w(p)$ – сума ваги всіх ребер шляху p $\delta(u, v) = \min\{w(p)\}$: по всім шляхам p із u в v }, якщо існує шлях u в v ; ∞ - в іншому випадку.

ДКШ у графі $G=(V, E)$, з коренем в s є орієнтованим підграфом $G'=(V', E')$, де $V' \subseteq V$ та $E' \subseteq E$, для якого: V' - множина вершин, досяжних з вершини s , G' – дерево з коренем s , для кожного $v \in V'$ шлях з s у v в графі G' є найкоротшим шляхом із s у v в графі G .

Структура ІМ, що відповідає мінімуму витрат, має дерево, довжина якого задовольняє нерівності (1). Для вибору доцільних варіантів структури (ДВС) пропонується наступний алгоритм. На надлишковій схемі знаходяться ДМД і ДКШ від кореня (джерела), або від уявного вузла, якщо джерел декілька). Визначаються всі допустимі дерева, довжини яких задовольняють нерівності (1).

Для розгляду обирається один з доцільних варіантів дерев. Лінії надлишкової схеми, що не інцидентні дереву, утворюють множину хорд $X=\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$. Оскільки додавання хорди x_i в розгалужену структуру ІМ приводить до утворення підграфа, для кожної хорди визначаються ділянки дерева $D=\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, а отже, і вузли - користувачі, що входять в утворений нею контур.

Задача полягає у визначенні з множини хорд X такої підмножини $X' \subseteq X$, при якій задовольняються вимоги резервованого постачання визначеним користувачам і при цьому приведені витрати на будівництво й експлуатацію ІМ будуть мінімальними.

Підхід, заснований на перегляді всіх можливих варіантів зв'язків, що забезпечують двостороннє живлення резервованих користувачів є недоцільним через велике число варіантів. $H = 2^n - 1$, де n – число зв'язків структури.

При побудові ДВС ІМ, приведені витрати будуть мінімальними, якщо вибране дерево доповнюється зв'язками, що забезпечують виконання умови:

$$D_i^r \geq 2, \quad \sum_{i=1}^n m_i = \min, \quad (2)$$

де D_i^r – степінь заходу до i -го резервованого вузла, m_i – вага i -го зв'язку. Тобто необхідним є щонайменш двостороннє живлення резервованих користувачів з мінімальною довжиною зв'язків у структурі.

Приведемо алгоритм доповнення дерева ІМ зв'язками, що мають мінімальну сумарну довжину.

1. Призначимо дерево ІМ, що відповідає умові (1) та визначимо найбільш віддалений від джерела резервованих вузол.

2. Знайдемо множину всіх шляхів, що складаються з ділянок дерева D_i та хорд X_j надлишкової схеми від джерела до даного вузла. Розглядаються ті шляхи, що не перетинаються з існуючим та складаються лише з ділянок дерева D_i .

3. Для утворених підграфів запам'ятемо номери резервованих вузлів $R=\{v_1, v_2, \dots, v_k\}$.

4. Якщо перегляд неперетинних шляхів закінчено, то здійснюється перехід до п. 1.

5. Якщо на утворених підграфах розташовані всі резервовані вузли, то обираються ті підграфи, що включають всю множину резервованих вузлів та мають мінімальну сумарну вагу складових хорд.

6. Оберемо наступний резервованих вузол, що не входить в жоден з утворених підграфів та здійснимо перехід до п. 2, доки не буде переглянено всю множину резервованих вузлів.

7. Якщо перегляд резервованих вузлів закінчено, кінець, інакше перейти до п.1

Розглянемо надлишкову структуру ІМ, показану на рис. 3.2.

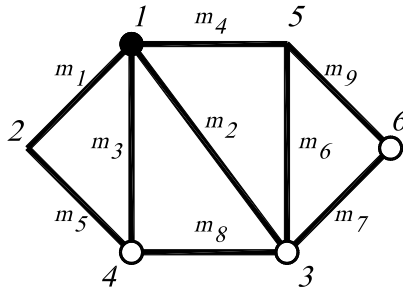


Рис. 1. Надлишкова структура ІМ

Нехай живлення знаходиться у вузлі 1. Умовно цей вузол позначено зафарбованим колом. А множину вузлів $R=\{4,3,6\}$ потрібно резервувати. Ці вузли позначено незафарбованими колами.

Ділянкам структури призначено вагу, що відповідає вартості їх прокладання та експлуатації відповідно таблиці 1.

Число можливих дерев графа надлишкової схеми ІМ дорівнює значенню визначника матриці інциденцій графа надлишкової схеми з одним видаленим рядком [2]. Число дерев даного графа дорівнює 55. Завдяки обмеженню (1) число дерев графа (рис. 1) скорочується до дев'ятнадцяти.

В результаті роботи алгоритму число ДВС зменшилося до шести (рис. 4). Отже, вимоги до резервування вузлів $R=\{3,4,6\}$ знижують число варіантів структур системи та спрощують задачу побудови структури ІМ.

Таблиця 1.

Значення ваги ділянок структури

Позначення ділянки	Вага ділянки
m_1	75
m_2	31
m_3	24
m_4	58
m_5	45
m_6	67
m_7	33
m_8	12
m_9	60

Таблиця 2

Можливі дерева структури, що задовольняють (1)

Позначення дерев	Дерева структури
$m_1, m_2, m_3, m_4, m_7,$ $m_1, m_2, m_3, m_4, m_9,$ $m_1, m_2, m_3, m_6, m_7,$ $m_1, m_2, m_5, m_7, m_9,$	
m_3, m_5, m_7, m_8, m_9 $m_4, m_5, m_6, m_7, m_8,$ $m_4, m_5, m_6, m_8, m_9,$ m_4, m_5, m_7, m_8, m_9	

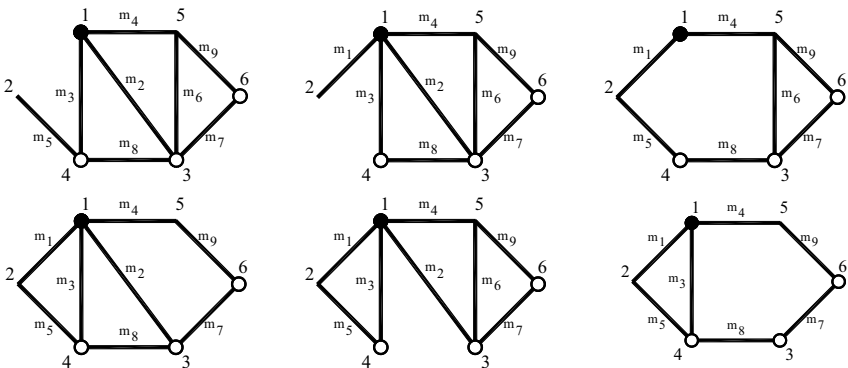


Рис. 2. Доцільні варіанти структури (ДВС)

Висновки. Визначено вимоги до резервування вузлів та розроблено метод побудови множини ДВС, що забезпечує встановлений рівень функціонування ІМ. Алгоритм, що реалізує запропонований метод, включає:

- поділ множини вузлів на два підмножини: резервовані та нерезеровані к
- побудову доцільних варіантів дерев структури, що мають довжини в інтервалі, нижня границя якого визначається довжиною ДМВ, а верхня границя визначається довжиною ДКШ;
- доповнення зв'язками, що забезпечують резервоване живлення заданих вузлів та мають при цьому мінімальну сумарну вагу.

Література

1. *Меренков А.П., Хасилев В.Я.* Теория гидравлических цепей. М.: Наука, 1985. - 278 с.
2. *Сенцова Е.В., Сидлер В.Г.* Математическое моделирование и оптимизация развивающихся теплоснабжающих систем. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. - 221 с.
3. *Сумароков С.В.* Математическое моделирование систем водоснабжения. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. - 167 с.
4. *Сумароков С.В., Чупин В.Р.* О математическом моделировании современных водоснабжающих систем // Математическое моделирование трубопроводных систем. - 1988. - С. 114 – 128.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МНОЖЕСТВА ЦВС С РЕЗЕРВИРУЕМЫМ ПИТАНИЕМ ЗАДАНЫМ УЗЛОВ

В.Г.Усенко

Предлагается методика построения избыточных структур. Это позволяет наиболее полно учитывать все возможные связи между элементами системы для определения множества вариантов структур инженерных сетей и выбора среди них оптимального. Приводится метод построения вариантов структур с резервируемым снабжением определенных пользователей.

DETERMINATION OF PLURAL EVS WITH THE RESERVED FEED OF THE SET KNOTS

V.G. Usenko

The method of surplus structures of construction is offered. It allows to take into account all possible connections between the elements of the system most full for determination of great number structures variants of engineerings networks and choice among them optimum. A method over variants construction of structures is brought with a supply reserved users of certain.