

## ОПТИМАЛЬНЕ РЕЗЕРВУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПРОЕКТУВАННІ

к.т.н. Г.І. Лагутін  
(подав д.т.н., проф. Б.Т. Кононов)

У статті розглядається варіант розв'язання задачі оптимального резервування елементів системи електропостачання, який дозволяє реалізувати обчислювальний алгоритм підвищення надійності за допомогою ЕОМ. Показано, що зазначена задача може бути використана при автоматичному проектуванні систем електропостачання.

При розв'язанні задач автоматизованого проектування систем електропостачання часто виникає необхідність підвищення надійності знайденої на етапі структурного синтезу структури системи електропостачання [1].

На етапі структурного синтезу вирішується задача знаходження функціонально-необхідної структури системи електропостачання, що має послідовне (із погляду надійності) з'єднання елементів. Така структура, як правило, не має необхідного рівня надійності. Підвищення рівня надійності може бути досягнуто введенням у структуру системи електропостачання оптимальної надмірності шляхом оптимального резервування її елементів [2].

При автоматизації проектування становить інтерес розв'язання, що дозволяє реалізувати обчислювальний алгоритм підвищення надійності за допомогою ЕОМ.

Можна показати, що зазначена задача може бути зведена до задачі про реконструкцію мережі [3].

Представимо задачу оптимального резервування у формі екстремальної задачі мінімізації економічних витрат, зв'язаних із досягненням необхідного рівня надійності електропостачання споживачів  $p_{\text{тп}}(\mathbf{R}_k, t)$  шляхом резервування елементів  $r_i$  функціонально-необхідної структури  $\bar{\mathbf{r}}$  системи електропостачання з кратністю резервування  $k_{pi}$  таким чином, щоб загальна вартість  $K_E$  системи була мінімальною, тобто

$$K_E = \min \sum_{r_i \in \bar{\mathbf{r}}} k_{pi} \cdot K_E(r_i) \quad \text{при} \quad p(\mathbf{R}_k, t) \geq p_{\text{тп}}(\mathbf{R}_k, t), \quad (1)$$

де  $K_E(r_i)$  - показник вартості  $i$ -го елемента системи електропостачання;

$p(\mathbf{R}_k, t)$  - ймовірність безвідмовної роботи системи електропостачання в  $\mathbf{R}_k$  - му режимі роботи протягом часу  $t$ .

Припустимо, що всі елементи допускають навантажене резервування. У цьому випадку для кожного такого елемента може бути визначена мінімальна кратність навантаженого резервування

$$M_i = \frac{\lg[1 - p_{np}(\mathbf{R}_k, t)]}{\lg q(\mathbf{r}_i)}. \quad (2)$$

Необхідний рівень надійності  $p_{np}(\mathbf{R}_k, t)$  структури  $\bar{\mathbf{r}}$  системи електропостачання може бути досягнутий у результаті збільшення кратності навантаженого резервування деяких елементів  $\mathbf{r}_i \in \bar{\mathbf{r}}$  із рівня  $\mathbf{Y}_i = M_i$  до рівня  $\mathbf{Y}_i = M_i + \mathbf{K}_i$ . Отже, розглянута задача оптимального резервування перебуває у визначенні вектора  $\bar{\mathbf{Y}} = \{\mathbf{Y}_i\}$ , що доставляє екстремум цільової функції (1).

Представимо функціонально - необхідну структуру  $\bar{\mathbf{r}}$  системи електропостачання у вигляді елементарної мережі [3] (рис. 1). Кожній дузі цієї мережі поставимо у відповідність елемент  $\mathbf{r}_i \in \bar{\mathbf{r}}$  або групу елементів  $\bar{\mathbf{r}}_j \subset \bar{\mathbf{r}}$ , що можуть бути зарезервовані.

У якості потоку, переданого по дугах мережі, будемо розуміти чисельне значення збільшення імовірності безвідмовної роботи системи електропостачання.

Дугам цієї мережі також поставимо у відповідність:

а) показники їхньої пропускнув спроможності  $\mathbf{K}_\Phi(\mathbf{r}_i)^{[k_{pi}]}$ , що характеризують збільшення ймовірності безвідмовної роботи системи електропостачання при збільшенні кратності навантаженого резервування даного елемента (групи елементів  $\mathbf{r}_i \in \bar{\mathbf{r}}$ ) із рівня  $\mathbf{n} = \mathbf{0}$  до рівня  $\mathbf{n} = \mathbf{k}_{pi}$ ;

б) показники відносної вартості  $\mathbf{K}_E(\mathbf{K}_\Phi(\mathbf{r}_i)^{[k_{pi}]})$  збільшення ймовірності безвідмовної роботи всієї системи електропостачання при збільшенні кратності навантаженого резервування даного елемента (групи елементів)  $\mathbf{r}_i \in \bar{\mathbf{r}}$  із рівня  $\mathbf{n} = \mathbf{0}$  до рівня  $\mathbf{n} = \mathbf{k}_{pi}$ .

Джерелу та стоку мережі поставимо у відповідність показники інтенсивності  $\mathbf{D}_n, \mathbf{D}_c$ , що характеризують необхідне збільшення  $\Delta p$  ймовірності безвідмовної роботи всієї системи електропостачання  $\bar{\mathbf{r}}$ :

$$\mathbf{D}_n = -\mathbf{D}_c = \Delta p = p_{np}(\bar{\mathbf{r}}, t) - p_0(\bar{\mathbf{r}}, t). \quad (3)$$

При цьому значення пропускнув спроможностей дуг знаходяться із співвідношень, що враховують різні способи резервування елементів електропостачання (одиначні та групові) як при навантаженому («гарячому»), так і при ненавантаженому («холодному») резервуванні.

У результаті розглянута задача оптимального резервування доводиться до екстремальної задачі реконструкції мультимережі [3].

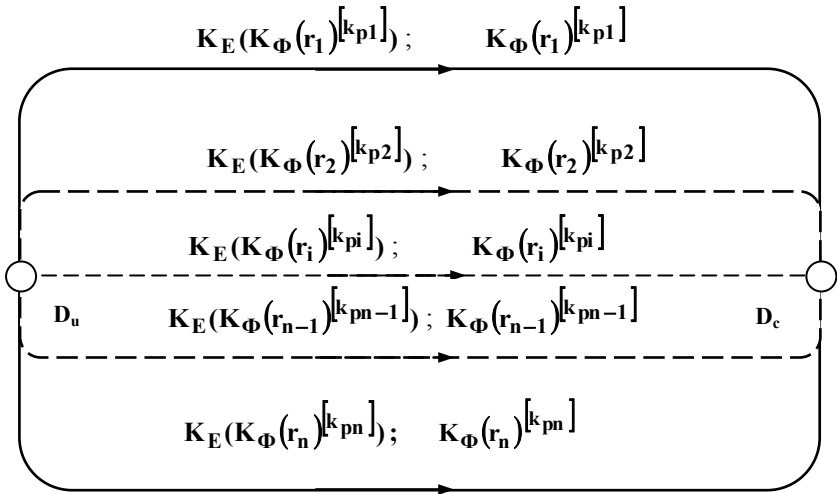


Рис.1 Елементарна мультимережа

Тому що функції вартості в даному випадку є опуклими вниз

$$K_E(K_F(r_i)^{[1]}) \leq K_E(K_F(r_i)^{[2]}) \leq \dots \leq K_E(K_F(r_i)^{[n]}),$$

то розв'язання екстремальної задачі може бути здійснено звичайними методами (Форд-Фалкерсон) розв'язання задачі реконструкції мережі.

Таким чином, уявлення математичної моделі системи електропостачання у вигляді мультимережі дозволяє застосувати для розв'язання задачі оптимального резервування математичний апарат екстремальних задач на графах. Це істотно спрощує пошук оптимального варіанта структури системи електропостачання та дозволяє реалізувати обчислювальний алгоритм підвищення надійності за допомогою ЕОМ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Электроснабжение, ч.1. / Под ред. В. И. Шапошникова и Б. Т. Кононова. – МО СССР, 1987. – 164 с.
2. Аввакумов В. Г. Постановка и решение электроэнергетических задач исследования операций. – К.: Вища школа, 1983. – 320 с.
3. Ермольев Ю. М., Мельник И. М. Экстремальные задачи на графах. – К.: Наукова думка, 1968. – 412 с.

Надійшла до редколегії 26.6.2000