

АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗУ БАГАТОКОНТУРНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Складність вирішення задач оптимального синтезу сучасних теплопровідних мереж зумовлена тим, що їм відповідають дискретні нелінійні математичні моделі з багатоекстремальним економічним критерієм, особливо для задач оптимальної реконструкції та розвитку теплових мереж. Це пояснюється тим, що існуючі ділянки трубопроводів призводять до виникнення зон розривів та ліній локальних мінімумів, кожна з якої відповідає рішенню із збереженням деяких існуючих елементів без жодних змін, а у місцях перетину цих ліній утворюються додаткові точки локальних мінімумів. Ці задачі є складними у математичному плані, тому що система умов та обмежень нелінійна, дискретна та має логічні нерівності (типу “можна” та “неможна”) і треба враховувати багато факторів та технічних обмежень, які зумовлені складністю структури та великими розмірами теплових мереж. Крім того, суттєвими є дискретність типорозмірів обладнання, нерівномірність розподілу навантажень, неоднаковість умов прокладання ділянок трубопроводів, а також обмеження тиску у вузлах мережі та швидкості течії цільового продукту (ЦП). Не слід забувати про дискретність розміщення джерел та насосних станцій (НС) і т. ін.

Отже, потрібна розробка нових математичних моделей та методів дискретної оптимізації для вирішення окремих задач, а також використання та розвиток людино-машинних підходів, які дозволяють перейти до постановки та вирішення комплексної проблеми оптимального синтезу розвинутих теплових мереж.

Методичне значення узагальнюючих математичних моделей у тому, що вони дозволяють зробити новий крок у формалізації задач оптимального синтезу багатоконтурних систем теплопостачання (БКСтп). Це потребує більш чіткого формулювання та упорядкування вихідних посилянь, а також розширення числа факторів та змінних, які вважаються суттєвими. Ці моделі дають змогу більш обґрунтовано співвідносити зміст задач з їх математичною складністю і проводити диференціацію наявних підходів та розрахункових методів для їх вирішення.

Разом із цим узагальнюючі моделі повинні бути не дуже абстрактними, мати реальну інформацію, щоб їх можна було б реалізувати за допомогою сучасних засобів обчислювальної техніки.

Побудуємо математичну модель для оптимального синтезу БКСтп, спростивши вимоги щодо надійності (тобто система синтезується як би з абсолютно надійних елементів, і йдеться про оптимізацію заново проєктуючої системи, коли нема необхідності в урахуванні її існуючої частини), використавши наступні прийоми.

1. Замінімо задачі забезпечення надійності системи, що проєктується багатократним розглядом задачі аналізу її надійності.

2. Спростимо математичну модель або укрупненням схеми, або переходом до еквівалентної щодо надійності конфігурації системи в якій присутні лише елементи, що мають безпосередній вплив на її надійність.

3. Зробимо оптимальний синтез надійної розгалуженої системи за допомогою побудови графа-дерева.

4. Зведемо задачу до типової, яка має добре відпрацьовані математичні моделі (наприклад, лінійного, кусково-лінійного або динамічного чи стохастичного програмування).

Загальна задача та її змістовна декомпозиція, яка спирається на перелічені прийоми, створює нові можливості для комплексної та гнучкої алгоритмізації оптимального синтезу БКСтп із навантаженим резервуванням.

Загальна схема алгоритмів декомпозиції може бути одним з можливих способів реалізації ідеї побудови ітераційних розрахункових процесів за допомогою розщеплення загальної задачі. Ця схема орієнтована на множинність початкових наближень з метою обробки більш широкої області можливих рішень й максимального наближення до глобального оптимуму задачі. Ця схема розрахована на роботу в режимі діалогу зі спеціалістом-проєктувальником.

Принципова блок-схема алгоритмів декомпозиції наведена на рисунку. Розрахунковий процес складається з дев'яти основних етапів.

На першому етапі здійснюється вибір на вихідній надмірній схемі БКСтп “дерев початкового наближення” (ДПН), які мають характерні властивості. Наприклад, дерево найкоротша відстань (ДНВ) від головного джерела до вузлів споживання має усі максимально надійні (з точки зору схеми) шляхи $\pi_j (j \in J)$ одностороннього постачання, які мають найбільші (для кожного j) значення $R(\pi_j)$. Можуть розглядатися й інші варіанти: оптимальне дерево (ОД) або декілька дерев, які отримуються

в результаті рішення схемно-структурної задачі; оптимальне підготовлене дерево (ОПД) з урахуванням витрат в кільцевих вітках; дерево найменшої сумарної довжини (ДНСД); будь-яке інше обране дерево на вихідній схемі.

Другий етап зводиться до розрахунку надійності шляхів постачання у ДПН й виділення у ньому двох підмножин вузлів: $J(R^{100})$, що мають вузли, які не будуть резервуватися та визначати “периферійну” розгалужену частину системи; і $J(R^{\Phi})$ – “головної частини”, вузли якої повинні бути закільцьовані.

На третьому етапі робиться побудова “надійної” схеми для $J(R^{\Phi})$ за допомогою резервування вузлів цієї підмножини додатковими зв’язками, які існують у вихідній надмірній схемі. Для кожного j з $J(R^{\Phi})$ здійснюється перебір усіх віток схеми, що зв’язують його із суміжними вузлами. Це приводить до утворення контуру, тому обирається та вітка, яка замикає контур із найбільшою кількістю вузлів, що входять до нього і проходить через одно з джерел. Якщо в цьому контурі знайдуться вузли з $J(R^{\Phi})$, які ще не оброблені, то вони також вважаються зарезервованими, оскільки їх двостороннє постачання вже забезпечене. У процесі виконання такої процедури $J(R^{100})$ може співпасти з J . Це буде означати, що ДПН не потрібне резервування і проектуюча система буде далі оптимізуватися як розгалужена система.

Зміст четвертого етапу – у проведенні оптимізації частково закільцьованої конфігурації системи методом багатоконтурної оптимізації. В результаті, виходячи з обраного ДПН, отримуємо такий варіант БКСтп, який буде мати структурну надійність (з погляду на структуру й довжину шляхів постачання вузлів), а також оптимальний розрахунковий потік розподіл (з погляду діаметрів трубопроводів, діючих тисків та продуктивності джерел).

На п’ятому етапі робиться перебір та обробка інших ДПН (шляхом повторного звернення до попередніх процедур) та вибір найбільш економічного варіанта між отриманими локально-оптимальними рішеннями для системи, що проектується.

На шостому, сьомому й восьмому етапах робиться перебір найбільш небезпечних аварійних ситуацій (моделюється вихід з ладу головних ділянок магістралей, що тягнуться від джерел, і для кожної з них забезпечується повторення усіх операцій, що необхідні для визначення відповідних оптимальних параметрів елементів, но відносно зниженого рівня навантажень у споживачів, тобто для $Q' = \phi_j Q_j$. Одразу ж робиться порівняння діаметрів труб на вітках, кількість НС і діючих на-

порів для них, отриманих згідно з аварійною ситуацією, що розглядається, з тими, які були визначені раніше для нормальних умов експлуатації. Для подальшого розрахунку залишають підвищені параметри елементів, якщо збільшення мало місце.

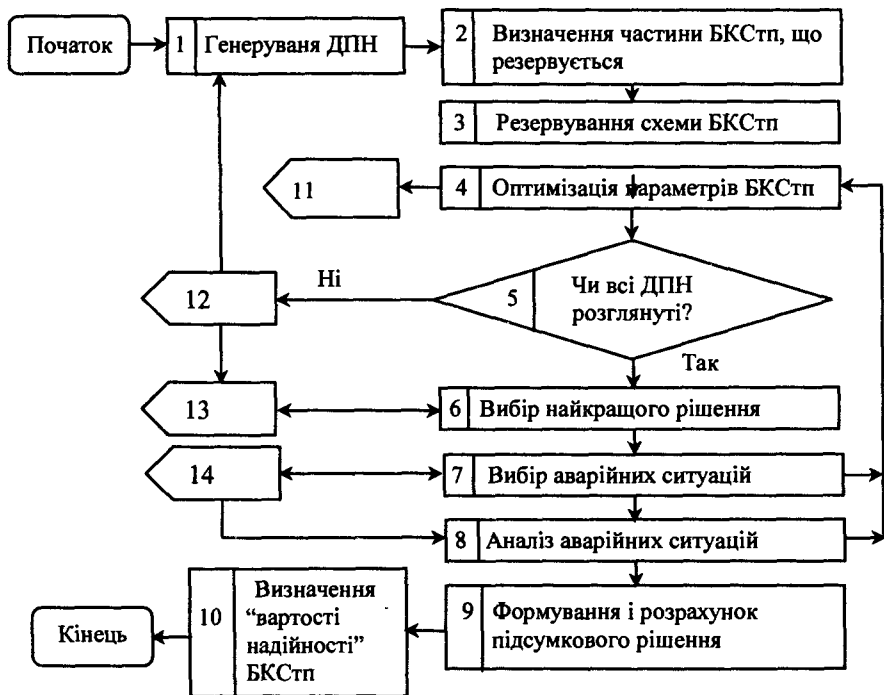


Рисунок. Принципова блок-схема алгоритмів декомпозиції для оптимального синтезу БКСтп (11–14 – діалог користувача з ЕОМ)

Дев'ятий етап – формування підсумкового оптимального рішення (із проведенням необхідних допоміжних розрахунків).

Десятий етап – визначення “вартості надійності”, тобто збільшення загальних витрат у синтезуемому БКСтп порівняно з її нерезервованим варіантом.

У загальній схемі алгоритмів оптимального синтезу БКСтп передбачаються точки діалогу з проектувальником (11–14) для стеження за ходом розрахункового процесу, корективовці даних, повторення окремих блоків чи навпаки, скорочення або припинення розрахунку і т. ін.

Такий підхід до формалізації проблеми оптимально сполучається з її декомпозицією на відносно самостійні підзадачі меншої складності, а також з використанням релаксаційних алгоритмів та евристичних процедур. Це потребує побудови обґрунтованих ефективних ітераційних процесів та їх реалізацію і автоматизацію у вигляді програмно-обчислювальних комплексів.

Використана література

1. *Меренков А. П., Ощепкова Т. Б., и др.* Оптимальный синтез многоконтурных систем с нагруженным резервированием. – Иркутск: Наука, 1980. – 180 с.
2. *Хасилев В. Я., Меренков А. П., Каганович Б. М.* Методы и алгоритмы расчета тепловых сетей. – М.: Энергия, 1978. – 176 с.
3. *Беляев Л. С.* Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. – Новосибирск, 1978. – 128 с.