

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ТОПОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР МЕРЕЖ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Фісун Микола¹, Харітонов Юрій², Кандиба Ігор¹, Дворецький Михайло¹

¹ЧНУ ім. Петра Могили

²НУК ім. адмірала Макарова

Анотація

У матеріалах доповіді наведено опис сучасних проблем теплопостачання. Представлено аналіз сучасних програмних засобів для проведення теплогідралічних розрахунків. Запропоновано підхід та інструментарій для створення моделі топологічних структур тепломере. Описані переваги графових бази даних у контексті створення цієї моделі. Для сценарного аналізу показано доцільність імплементації теорії графо динамічних систем.

Abstract

In the materials of the report there is a description of modern problems of heat supply. The analysis of modern software for thermal-hydraulic calculations is presented. The approach and tools for creating a model of topological structures of a heat meter are proposed. Described the advantages of the database graphs in the context of creating this model. The feasibility of implementing the theory of dynamic systems graphs is shown for the scenario analysis.

Вступ

Серед основних недоліки в паливно-енергетичному комплексі України, наряду з низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД) вітчизняних електростанцій (29-31% у порівнянні найкращими закордонними до 41%), морально застарілим обладнанням та ін., є поганий стан розподільчих мереж теплопостачання [1]. Останній недолік має два аспекти: застарілі або не ефективні складові мережі (труби, теплоізоляція, розподільчі вузли, тощо) та не ефективна топологічна структура самої мережі. Зрозуміло, що в даний час проектування та управління тепломережами використовуються засоби обчислювальної техніки та певне програмне забезпечення, тому що проектування мереж теплопостачання – це складна задача прикладної математики, що потребує проведення складних інженерно-технічних розрахунків. На IT-ринку представлено кілька спеціалізованих програмних продуктів, що реалізують функції теплогідралічних розрахунків. Так, програмна система ZuluThermo [2] за допомогою модуля геоінформаційної системи дозволяє сформувати математичну модель тепломережі. На основі сформованої моделі можливо згенерувати таблиці характеристик для кожного об'єкту: труби, котельні, вузли, споживачі та ін.. У результаті роботи пакету можливо отримати: розрахунок значення оптимальної та максимальної швидкості потоку води, тепловитрати як в цілому, так і на певному відрізьку тепломережі. Програмне забезпечення «Гідросистема» [3] також надає можливість виконання розрахунків різних характеристик тепломережі в тому числі тепловитрат, швидкості теплового потоку, вибір (варіацію) насосного обладнання. Наявний модуль роботи з геоінформацією. Можливо розрахувати зміни характеристик тепломережі при зміні певних заданих параметрів. Програмний застосунок CityCom [4], реалізований як WEB-ресурс, дозволяє проводити розрахунки та моделювання різних систем комунікації: опалення, водопостачання, електропостачання, водовідведення та ін. Однак, перелічені вище та інші програмні системи не передбачають сценарного аналізу [5] різних варіантів при проектування або реінжинірингу (перебудові) тепломереж, що представляється актуальною задачею.

Мета даного дослідження – запропонувати підходи до створення моделі та інструментарію для сценарного аналізу варіантів побудови топологічних структур тепломереж.

Основний матеріал. Почнемо з вибору моделі бази даних для представлення тепломережі. Моделі бази даних пройшли певну еволюцію: ієрархічна, мережева, реляційна, NoSQL (не реляційні). Серед останніх є кілька видів, але зупинимося на графовій моделі, оскільки вона, серед інших NoSQL моделей може більш адекватно відобразити вказану предметну сферу, загальна топологія якої представлена на рис.1.

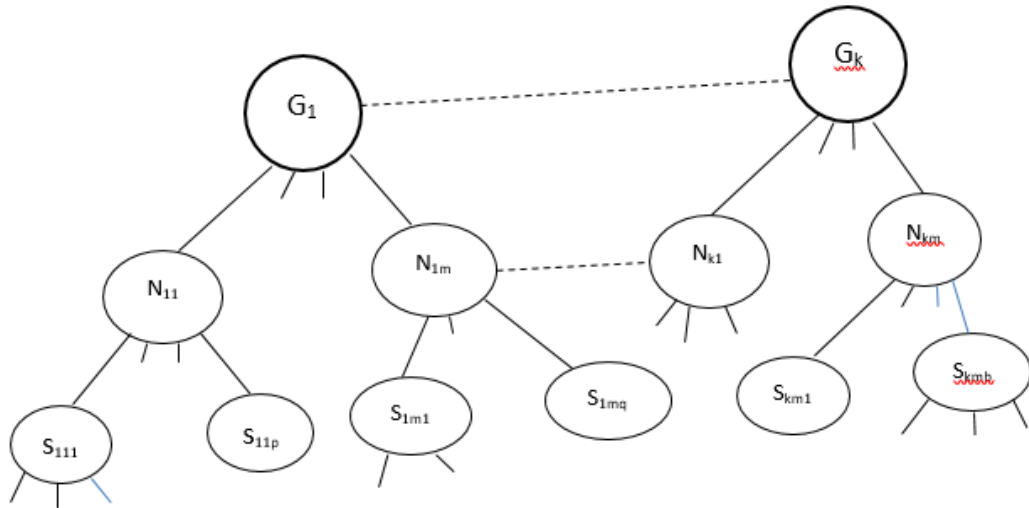


Рисунок 1 – Загальна топологічна структура тепломережі

На рис.1 прийняті такі умовні позначення: G_i – джерела теплової енергії; N_j – розподільчі вузли; S_h – споживачі. Пунктирною лінією показано можливі комутаційні з’єднання між об’єктами мережі. Частіше за все такі з’єднання створюються як резервні шляхи для подачі тепла.

Як видно, топологія тепломережі має специфічну мережеву структуру, але, перше, вона наближається до ієрархічної структури при централізованому теплопостачанні. В іншому крайньому випадку вона складається з великої кількості автономних джерел теплоенергії. Таким чином, при проектуванні або перебудові системи теплопостачання треба підраховувати показники ефективності при різних топологічних структурах. Для моделювання наведених вище структур більш природним є моделі даних, що мають подібні структури, тобто ієрархічні або мережеві моделі даних. До речі, першими комерційними системами керування базами даних (IMS, XXX та ін.) були як раз такі, що підтримали згадані моделі даних. Одним із недоліків вказаних ранніх СКБД, у тому числі і реляційних, для нашої задачі є те, що вони вимагають строгої типізації наборів даних, що і привело к появі моделей NoSQL. З їх різновидів графові бази даних як раз є природними для моделювання графових і ієрархічних структур, в той же час не вимагають строгої типізації даних. Наприклад, одній ті ж функціональні об’єкти (наприклад, котельні) може описуватися не обов’язково одним і тим же набором характеристик, хоча багато з них будуть однаковими. Крім того, як й інші СКБД NoSQL графові бази даних в своїх вузлах дозволяють зберігати не тільки набори даних, але ще й текстову, графічну та в іншому представлені інформацію.

В теорії граф визначається математичним записом як $G(V,S,F)$, де V – множина вершин (вузлів); S – множина ребер (дуг); F – відображення множини ребер на множину вершин. Граф може бути орієнтованим, коли ребра мають напрям від однієї вершини до іншої, і не орієнтованим. Простим графом називається граф, у якого між вузлами може існувати не більше одного ребра одного напрму. Ієрархічний граф (дерево) є окремим випадком графа, коли у кожного вузла існує не більше одного ребра, що входить до

нього. Для даної задачі будемо розглядати тепломережу як граф або сукупність орієнтованих мультіграфів, при певних припущеннях як ієрархічний граф (дерево) або їх сукупність. Застосування графових баз даних для обраної задачі має такі переваги: загальна модель предметної сфери і структури даних; містить вузли і зв'язки (рис. 1); вузли мають свої характеристики, а зв'язки – свої [6]. На ринку ІТ-продуктів вже пропонується низка графових СКБД, одним з представників якої є Neo4j [6], що розповсюджується за ліцензією GNU GPL та працює з мовою маніпулювання даними Cypher. Cypher підтримує можливість роботи транзакцій в реальному часі.

Враховуючи той факт, що при проектуванні або перебудові тепломереж графова модель змінюється за своєю топологічною структурою, то для моделювання сценаріїв доцільно використати методи теорії графо динамічних систем [5, 7]. Ця теорія розроблена для ієрархічних динамічних систем, коли динаміка пов'язана не з рухом по графу, а зі зміною самого графа. При цьому об'єктом дослідження служить весь граф в цілому. Такі завдання виникають, коли ця структура змінюється і завдання полягає у вивченні кращих варіантів структури. Авторами теорії запропоновано 13 операцій змінення структури графа, таких як: розгалуження графа (перетворення дерева в ліс), зворотна операція агрегація ліса в дерево; перепідпорядкування; розукрупнення і розвитку та ін.

Висновки. На основі графових баз даних та теорії графодинамічних систем можна проводити сценарний аналіз варіантів топологічних структур [5] та побудувати проблемно-орієнтовану мову сценарного аналізу [8].

Список використаних джерел

1. Харитонов Ю.Н. Информационное обеспечение участников проектов реконструкции систем теплоснабжения [Текст] / Ю.Н. Харитонов // Вісник інженерної академії України: Теоретичний та науково-практичний журнал:– Київ, 2013.– №1.– С.305-309
2. Косяков Сергій Віталійович, Садиков Артур Мунавирович, Сенніков Володимир Васильович, Смирнов Владимир Владимирович. "Повышение эффективности эксплуатации систем централизованного теплоснабжения на основе применения информационной системы мониторинга тепловых сетей"/ С. В. Косяков, А. М. Садиков, В.В. Смирнов, Иваново - Вісник Іванівського державного енергетичного університету, 2018, випуск 2, С. 57-66.
3. Корельштейн Леонід Бенціонович. «Гидравлические расчеты – от прошлого к будущему. На пути к новой Гидросистеме»/ Л. Б. Корельштейн, Москва – CADmaster, 2005, випуск 3(28), С 54-58.
4. Тиунов В.В., Лаба Н.А., Куминов С.В., Лотохов А.М.. "Создание электронной модели системы теплоснабжения города с использованием информационно-графической системы «ТеплоГраф» на примере города Добрянки, Пермский край, Россия"/ В.В. Тиунов, Н.А. Лаба, С.В. Куминов, А.М. Лотохов. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2016, выпуск 19, С. 90-101.
5. І.І. Коваленко, С.К. Чернов, А.В. Швед, Л.С. Чернова, Е.О. Антіпова. Методи системного аналізу в задачах морських кластерів : монографія / Харьков: Новое слово, 2017. — 268 с.
6. Робінсон Ян, Вебер Джим, Ейфрем Емиль. Графові бази даних. Нові можливості для роботи з зв'язаними даними – ДМК Пресс, 2016. – 256 с.
7. Айзерман М. А., Гусев Л. А., Петров С. В., Смирнов И. М. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики). Автоматика и телемеханика. Москва : Наука. 1977. № 7. С. 135–151.
8. I. Kandyba, Y. Davydenko, V. Panasyuk, A. Shved and M. Fisun, "ANTLR as a Development Platform for the Series DSL for the Learning Process," 2019 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Metz, France, 2019, pp. 597-600.