

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВОДУ

* Національний авіаційний університет, Київ, Україна

Анотація. Стаття присвячена проблемі моделювання системи визначення місць пошкоджень теплових мереж за умови використання обмеженої кількості контролюючих пристроїв. Розроблена модель передбачає за даними контролюючих пристроїв виділити з загальної мережі несправну гілку, на якій проводиться багатопараметричний аналіз стану окремих ділянок.

Ключові слова: діагностування, тепла мережа, дерево логічного висновку, логіко-лінгвістична модель.

Аннотация. Статья посвящена проблеме моделирования системы определения мест поврежденной тепловой сети при использовании ограниченного количества контролирующих устройств. Разработанная модель предполагает по данным контролирующих устройств выделить из общей сети неисправную ветвь, на которой проводится многопараметрический анализ отдельных участков.

Ключевые слова: диагностирование, тепловая сеть, дерево логического вывода, логико-лингвистическая модель.

Abstract. The article is devoted to problem of determination of system modeling of heating networks fault location using a limited number of monitoring devices. According to the control devices the developed model assumes to highlight a faulty branch of the overall network where multivariate analysis of individual sites is performed.

Keywords: diagnosis, heating network, deduction tree, logical-linguistic model.

1. Вступ

Всі сучасні системи діагностування стану теплових мереж (ТМ) передбачають використання або спеціалізованих вимірювальних засобів, вже закладених у комунікації ТМ, або великої кількості лічильників по всій довжині ТМ [1–3]. На жаль, на сьогоднішній день більшість комунікацій ТМ не мають контролюючих пристроїв, що призводить до цілого ряду проблем з їх експлуатацією. А аварійні ситуації, що виникають на трубопровідних мережах, можуть не тільки призвести до значних матеріальних втрат, але також стати причиною екологічної катастрофи, наприклад, коли від постачання цільового продукту (ЦП) відключається підприємство, що вимагає безперервного циклу виробництва.

Основна доля аварій і втрат ЦП припадає на долю комунікацій ТМ – близько 75%. Саме тому питання своєчасного виявлення і усунення несправності на ділянках мережі є основним завданням при експлуатації ТМ.

Складність задачі визначення місця виникнення несправності в ТМ обумовлена практичною неможливістю обладнати ТМ достатньою кількістю контролюючих пристроїв. Саме тому при діагностуванні ТМ проводиться розподіл комунікацій між контролюючими пристроями на ланки пов'язаних між собою ділянок, які відрізняються типом комунікацій або іншими інформативними параметрами.

Однією з найголовніших задач технічного діагностування ТМ є виявлення місця виникнення несправності або дефекту. Тому під діагностуванням несправності у комунікаціях ТМ будемо розуміти задачу виявлення місця і причини припинення поставки чи поставки не в повному обсязі ЦП споживачу, яка виникла у зв'язку з проблемами в лініях комунікації.

2. Метод визначення несправних ділянок теплової мережі

У зв'язку з обмеженою кількістю контролюючих пристроїв, для прийняття рішення щодо несправності однієї з ділянок гілки ТМ необхідно використовувати додатковий набір параметрів. Особливість методу, який використовується, полягає в тому, що при діагностуванні ділянки ТМ виділяються два класи параметрів: стаціонарні і динамічні.

Стаціонарні параметри змінюються лише під час перепроєктування ТМ. Під перепроєктуванням ТМ розуміється формування у гілках ТМ нових ланцюгів ділянок чи коригування значень параметрів вже існуючих ділянок. Формування нових ланцюгів проводиться у випадках неоднорідності значень параметрів на будь-якій з ділянок. Стаціонарні параметри передбачається отримувати не з контрольних пристроїв, а на основі аналізу відомостей щодо експлуатації ТМ (технічна документація, звіти про ремонти і заміни устаткування, інформація про події на ТМ та ін.).

Динамічні параметри змінюються при кожному опитуванні системи контролюючих пристроїв, і вони є однаковими для всіх ділянок гілки, яка діагностується.

Кожна ділянка має дві основних групи станів: ті, що характеризують ділянку як справну, і ті, що характеризують її як несправну. Групу “справних” станів можна розділити за оцінкою можливості виходу з ладу, групу “несправних” – за ознакою причини несправності.

Діагностування ТМ можна проводити у двох режимах: при виявленні несправності ТМ (відхилення контрольних параметрів) і за умови її відсутності.

Діагностування несправної ТМ відбувається за таким алгоритмом:

Крок 1. Визначається несправна гілка ТМ.

Крок 2. Проводиться діагностування кожної ділянки несправної гілки ТМ.

Крок 3. Проводиться аналіз отриманих станів кожної ділянки, особлива увага приділяється ділянкам, стан яких належить до групи несправних.

У роботі [4] представлено алгоритм виділення несправної гілки ТМ. Даний алгоритм оснований на аналізі значень контролюючих пристроїв всіх гілок ТМ. Під час функціонування ТМ опитування контролюючих пристроїв відбувається періодично. При цьому, за умови неотримання даних, можливе утворення нових гілок ТМ, що вимагає від алгоритму проводити аналіз структури ТМ для кожного нового опитування контролюючих пристроїв. Для неконтрольованих вершин використовується скоригований показник параметра L_i , який обраховується на основі врахування допустимих втрат параметра у суміжних ланках ТМ.

3. Класифікація причин виникнення втрат теплової енергії в системах теплопостачання

Пошук несправної ділянки тепломережі проходить у два етапи:

1) у разі виявлення гілки тепломережі з втратою теплоносія (визначається за допомогою лічильників) на ній проводиться пошук ділянки з найбільш високою оцінкою ймовірності втрати теплоносія;

2) у разі виявлення гілки тепломережі з втратою теплової енергії (визначається за допомогою лічильників) на ній проводиться пошук ділянки з найбільш високою оцінкою ймовірності втрати теплової енергії (при пошуку передбачається можливість використання результатів першого етапу пошуку у разі одночасної втрати теплоносія і тепла).

На першому етапі пошуку будуть використовуватись такі стани ділянки тепломережі:

- втрата теплоносія неможлива (d_{00});
- втрата теплоносія в системі (в колодязях, теплообмінних пунктах та ін.) (d_{01});
- розбирання води споживачами (d_{02});

– втрата теплоносія через фізично зношені труби чи їх зовнішнє пошкодження (d_{03}).

Дистанційне визначення класу причин втрати теплоносія або визнання практичної неможливості даної втрати для кожної ділянки гілки теплової мережі дає змогу звузити зону пошуку і таким чином зменшити витрати на роботи по встановленню місця пошкодження теплової мережі.

На другому етапі пошуку будуть використовуватись такі стани ділянки тепломережі:

- втрата тепла неможлива (d_{10});
- порушення лоткових каналів (d_{11});
- підтоплення водою з водопроводу та каналізації (d_{12});
- підтоплення ґрунтовими, дощовими водами (d_{13});
- порушення ізоляції за рахунок природних факторів (d_{14});
- порушення ізоляції під час ремонтних робіт або як результат дій зловмисників (d_{15});

– значна втрата теплоносія (d_{16}).

Така класифікація причин втрати теплоносія є максимально можливою для дистанційного діагностування. Для більш детального діагностування необхідні додаткові обстеження (які в окремих випадках просто неможливі без великих грошових і фізичних витрат), розрахунки та вимірювання.

Класифікація причин втрати теплової енергії може бути розширена вже після введення системи в експлуатацію за умови розробки нових лінгвістичних правил для описання зв'язку “входи-вихід” і налаштування значень термів лінгвістичної оцінки. Але і наведений перелік станів ділянки теплової мережі дає змогу не тільки звузити зону пошуку несправності, а й зменшити час на усунення несправності за рахунок правильного оснащення ремонтних бригад ще при першому виїзді до місця можливого пошкодження теплової мережі.

4. Система визначення місця пошкодження теплопроводу

Ієрархічний взаємозв'язок між параметрами стану і причиною виникнення несправності можна представити у вигляді двох дерев логічного висновку: для діагностування ділянки теплової мережі з втратами теплоносія (рис. 1) та для діагностування ділянки теплової мережі з втратами теплової енергії (рис. 2).

Вершини дерева інтерпретуються таким чином: корінь дерева – показник, який діагностується, термінальні вершини – частинні параметри стану, нетермінальні вершини (подвійні кола) – згортка частинних параметрів стану в укрупненні.

Наведеному на рис. 1 дереву логічного висновку відповідає така система співвідношень:

$$D_0 = f_{D_0}(x_1, x_7, x_{11}, y_{01}, y_{02}, y_{03}, y_{04}, y_{05}), \quad (1)$$

$$y_{01} = f_{y_{01}}(x_2, x_3), \quad (2)$$

$$y_{02} = f_{y_{02}}(x_4, x_5, x_6), \quad (3)$$

$$y_{03} = f_{y_{03}}(x_8, x_9, x_{10}), \quad (4)$$

$$y_{04} = f_{y_{04}}(x_{12}, x_{13}, x_{14}), \quad (5)$$

$$y_{05} = f_{y_{05}}(x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}). \quad (6)$$

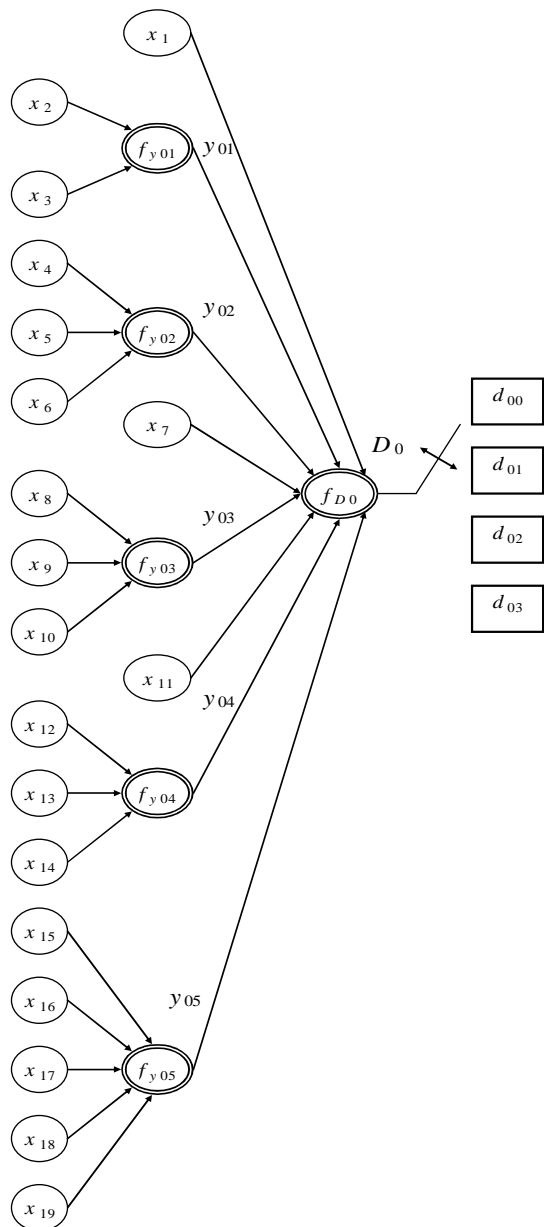


Рис. 1. Дерево логічного висновку для діагностування причин втрати теплоносія

місцях, розташованих недалеко від жилих приміщень (x_5), та у випадках відсутності спеціальних заходів щодо обмеження доступу сторонніх до елементів теплових мереж (залежить від типу прокладання теплопроводу (x_4) і наявності неконтрольованих виходів (x_6));

в) наявність визначених зовнішніх ознак втрати теплоносія (4), яка передбачає аналіз інформації від споживачів, що надходить до диспетчерського пункту: наявність просідання ґрунту (x_8), парування (x_9), можливість отримання даних про цілісність ділянки теплопроводу за інформаційним каналом (x_{10});

г) можливість виникнення внутрішньої корозії (5), на яку впливає використання неаерованої води (x_{13}) у відкритих теплосистемах (x_{12}), та товщина стінок труб (x_{14});

д) можливість виникнення зовнішньої корозії (6), обумовленої помилками персоналу при поєднанні труб різних типів, недостатньою якістю матеріалів корпусу, яка призводить до механічного пошкодження ізоляції (x_{15}), можливість намокання теплової ізоляції (x_{16}, x_{17}) (вплив на всі трубопроводи з ізоляцією АПБ, які експлуатуються понад 3 роки, і на ППУ з самого початку експлуатації (x_{19})), типом труб (x_{18}).

Взаємозв'язки між укрупненими і частинними параметрами стану можна описати таким чином:

1) втрата теплоносія має залежність від ряду частинних параметрів стану (1):

а) факти руйнування теплосистеми (зовнішня корозія, порушення ізоляції, зношені запираючі елементи та ін.), які виявляються при зовнішньому огляді стану теплосистеми (x_1);

б) обсяг втрат теплоносія на гілці теплопроводу, який отримують з показників лічильників (x_7), є одним з основних при визначенні причини втрати теплоносія, тому що малі значення даного параметра унеможливають причину d_{02} (розбирання води споживачами) та обмежують причину d_{03} (втрата теплоносія через фізично зношені труби чи їх зовнішнє пошкодження);

в) наявність запорних елементів (x_{11}), які за умови поганого обслуговування можуть призвести до значних втрат теплоносія у системі;

2) можливість втрати теплоносія має залежність від ряду укрупнених параметрів стану (1):

а) зовнішня оцінка роботи всієї теплосистеми (2), яка дає апіорну оцінку надійності на основі таких параметрів, як час введення в експлуатацію (x_2) та наявність виявлених на протязі останнього півріччя несправностей у теплосистемі (x_3);

б) простота доступу до елементів теплової мережі сторонніми (3), що враховує кількість виявлених фактів розкрадання елементів теплових мереж, яких набагато більше у

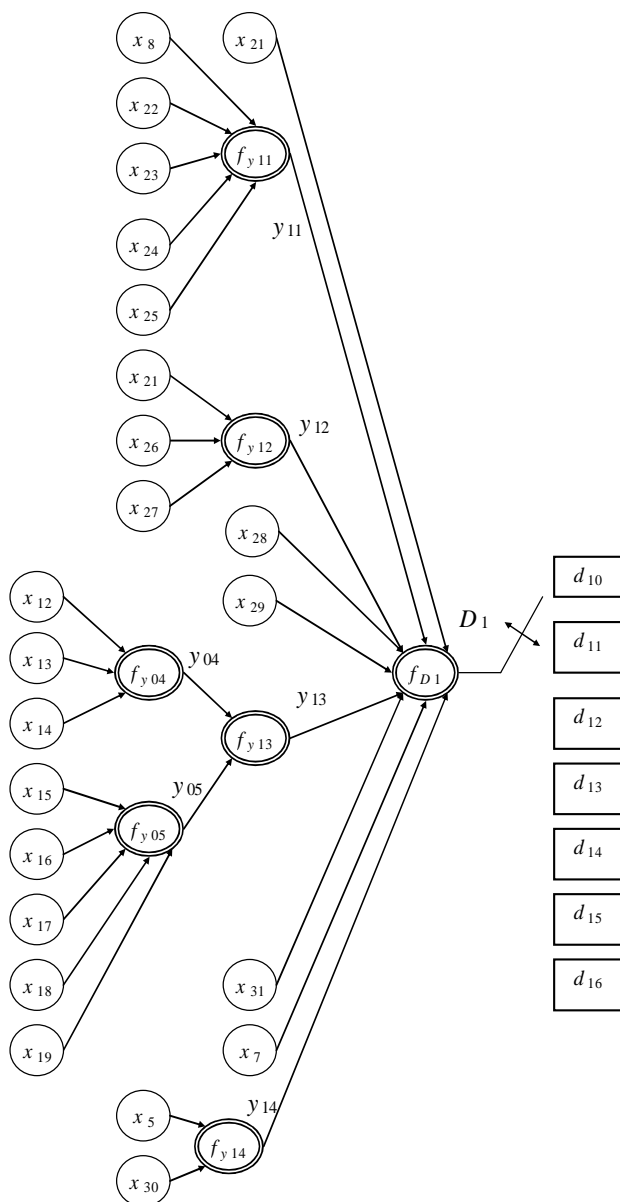


Рис. 2. Дерево логічного висновку для діагностування причин втрати теплової енергії

Дуги графа на рис. 1 та 2, що виходять із нетермінальних вершин дерева логічного висновку, відповідають укрупненим параметрам стану.

Наведеному на рис. 1 дереву логічного висновку відповідає така система співвідношень:

$$D_1 = f_{D1}(x_7, x_{21}, x_{28}, x_{29}, x_{31}, y_{11}, y_{12}, y_{13}, y_{14}), \quad (7)$$

$$y_{11} = f_{y11}(x_8, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}), \quad (8)$$

$$y_{12} = f_{y12}(x_{21}, x_{26}, x_{27}), \quad (9)$$

$$y_{13} = f_{y13}(f_{y03}, f_{y04}), \quad (10)$$

$$y_{14} = f_{y14}(x_5, x_{30}). \quad (11)$$

Співвідношення (1)–(11) визначають структуру діагностичної моделі, що пов'язує параметри стану ділянок теплової мережі з можливими причинами несправності.

5. Висновки

Розглянута модель системи визначення місць пошкоджень теплопроводу не тільки дає можливість визначити несправну гілку (з розбіжностями значень контролюючих пристроїв), а також знайти місце пошкодження за рахунок отримання значення станів всіх ділянок, з яких складається несправна гілка ТМ.

Даний підхід передбачає можливість роботи за умови часткової невизначеності або нечіткості вхідних параметрів за рахунок ведення бази знань, яка

пов'язує параметри ділянок теплопроводу з їх станами.

За допомогою моделі можна реалізувати такі функції:

- 1) проаналізувати причини несправності ділянок теплової мережі, які призводять до втрати теплоносія та теплової енергії;
- 2) виділити основні параметри, за якими можна провести діагностування стану ділянки теплової мережі;
- 3) побудувати дерева логічного висновку для діагностування причин втрати теплоносія та теплової енергії;
- 4) побудувати системи рівнянь, які описують взаємозв'язок між станом ділянки теплової мережі і її параметрами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Артамонов Є.Б. Підхід до моделювання систем теплопостачання через аналіз причин виникнення втрат теплової енергії і теплоносія в системі / Є.Б. Артамонов // Математичні машини і системи. – 2007. – № 3, 4. – С. 203 – 210.
2. Евдокимов А.Г. Информационно-аналитические системы управления инженерными сетями жизнеобеспечения населения / А.Г. Евдокимов, В.А. Петросов. – Харьков: ХТУРЭ, 1998. – 412 с.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Соколов Е.Я. – [7-е изд., стереот.]. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
4. Артамонов Є.Б. Метод визначення несправних ділянок інженерної мережі (на прикладі теплових мереж) / Є.Б. Артамонов // Проблеми інформатизації та управління. – 2010. – Вип. 1 (29). – С. 12 – 19.
5. Гафаров А.Х. Анализ эффективной и надежной работы системы теплоснабжения / А.Х. Гафаров // Новости теплоснабжения. – 2003. – № 5. – С. 25 – 30.
6. Теплові мережі: навч. посібн. / За ред. М.О. Прядка. – К.: Алерта, 2005. – 227 с.
7. Современные информационные технологии в эксплуатации инженерных сетей / С.Г. Слюсаренко, В.П. Рожков, С.А. Субботин С.А. [и др.] // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Геоинформатика-2000», (Томск, 15–18 сентября 2000 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. – С. 219 – 224.
8. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике / Ротштейн А.П. – Винница: Континент-ПРИМ, 1996. – 132 с.

Стаття надійшла до редакції 06.03.2013