УДК 681.5.015

ІНФОРМАЦІЙНІ ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРУБОПРОВІДНИМИ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГЕТИКИ

Дядюн С.В., к.т.н., доцент
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Україна, Харків
s.v.dyadun@karazin.ua

Анотація. *У доповіді узагальнюється досвід та обговорюються проблеми розробки і впровадження інформаційних енерго- і ресурсозберігаючих технологій автоматизованого управління функціонуванням трубопровідних систем енергетики (систем водо-, газо-, теплопостачання, водовідведення) у різних великих містах.*
Ключові слова: *математична модель; трубопровідні системи; функціонування; потокорозподіл; оперативне управління; якість; ефективність.*

Вступна частина. Системи водо-, газо-, теплопостачання, водовідведення сучасних міст відносяться до класу великих систем з розподіленими параметрами, управління якими можливе лише в умовах неповної та недостовірної інформації про об’єкт управління.

Мета дослідження. Розглядаються проблеми та шляхи вдосконалення управління функціонуванням трубопровідних систем (ТС) з метою підвищення якості та ефективності їх функціонування. Представлено структуру вирішення всього комплексу задач оперативного управління функціонуванням реальних ТС від постановок до їх практичної реалізації. При цьому процес оперативного управління функціонуванням розбивається на два етапа: програмне управління функціонуванням ТС та його стабілізація [1,2]. Задача оперативного управління функціонуванням ТС формулюється як двоетапна задача нелінійного стохастичного програмування. Трубопровідні системи мають специфічні властивості, пов'язані з наявністю в них диктуючих точок. Диктуючою точкою ТС в даний момент часу є така точка, в якій величина надлишкового тиску в цей момент мінімальна. Якість функціонування всієї ТС можна характеризувати її станом у диктуючих точках. Стохастичний характер процесів споживання цільового продукту (ЦП) викликає безперервну зміну потокорозподілу в мережі та появу деякої множини диктуючих точок. Використання цих властивостей дозволяє синтезувати систему управління, яка забезпечувала б задану якість функціонування ТС у диктуючих точках.

Основна частина. Рішення проблеми оперативного управління потокорозподілом в трубопровідних системах на кожному з етапів - програмного управління та стабілізації - як правило, рознесене в часі та просторі, вимагає різного обсягу, складу та характеру оперативної інформації, різних математичних моделей, що описують об'єкт управління, критеріїв та методів вирішення задач управління. У той же час здійснення кожного з етапів управління забезпечується в результаті вирішення певного ряду задач. Ці задачі можна розділити на задачі моделювання, які вирішуються поза контуром реального управління, і безпосередньо задачі управління, які вирішуються в оперативному режимі. У реальних умовах функціонування ТС деякі параметри (наприклад, витрата на споживачах і в мережі) неможливо виміряти, а датчики, за допомогою яких вимірюються параметри, що характеризують стан ТС, далеко не завжди можна встановити в необхідних точках на мережі з технологічних міркувань. Крім того, отримана інформація є недостовірною внаслідок

помилок вимірів та шумів у каналах зв'язку. Все це накладає певні вимоги щодо вибору моделі об'єкта управління.

Для вирішення задач програмного управління функціонуванням ТС адекватна математична модель об'єкта може бути отримана в класі моделей сталого потокорозподілу[1,2]. Для вирішення задач стабілізації режимів застосовуються динамічні моделі. В основі моделі сталого потокорозподілу містяться відомості про топологію мережі та технологічні параметри всіх елементів еквівалентної схеми ТС. Неповнота і недостовірність вихідної оперативної та технологічної інформації, обмеження на час розв'язання задачі програмного управління, вимоги до економічності витрат на технічні засоби зі збору оперативної інформації, технологічні причини, пов'язані з неможливістю встановлення датчиків контролю параметрів у необхідних точках мережі обумовлюють необхідність розробки придатних для цілей оперативного управління моделей ТС. Модель ТС, що використовується, повинна мати прийнятну точність відтворюваних процесів у порівнянні з реальною ТС і не повинна вносити істотну похибку у вирішення задачі управління функціонуванням ТС [3,4]. Уточнення структури моделі та оцінка її параметрів здійснюються на етапі ідентифікації моделі. Адекватна модель використовується для вирішення задачі програмного управління. Якщо модель неадекватна, діагностуються причини цього, і вона повертається на етапи ідентифікації її структури чи параметрів. Модель, що одержується таким чином, лягає в основу побудови алгоритму управління ТС. Найбільш важливими задачами побудови моделей ТС з точки зору їх впливу на ефективність управління, що реалізується, є: ідентифікація параметрів агрегатів насосних станцій (НС) ТС; ідентифікація структури графа моделі ТС; ідентифікація параметрів ділянок моделі ТС; ідентифікація структури моделі процесів споживання ЦП; ідентифікація параметрів процесів споживання ЦП; ідентифікація параметрів передавальних функцій, що зв'язують значення на виходах НС з тисками в диктуючих точках ТС (етап стабілізації).

Вирішення цих задач передує організації функціонування процесу оперативного управління потокорозподілом у ТС. Перелічені задачі побудови моделей ТС та навколишнього середовища також вирішуються періодично, але зі значно більшою величиною періоду, а також у міру необхідності у зв'язку з введенням нових або заміною старих елементів, що формують ТС.

Вирішення задачі оперативного управління потокорозподілом в ТС досягається в результаті вирішення послідовності ієрархічно пов'язаних між собою задач. Розглянемо докладніше структуру розв'язання задач оперативного управління функціонуванням ТС.

На основі оперативної інформації, отриманої в результаті одночасного опитування датчиків, встановлених у контрольованих точках мережі, вирішується задача ідентифікації стану ТС. Багаторазове вирішення цієї задачі дозволяє визначити для кожного вузла моделі ТС вектор оцінених витрат, що надалі використовується як ряд для прогнозу значень витрат у кожному з цих вузлів на весь інтервал управління. Розв'язання задачі прогнозування значень вузлових витрат на заданий інтервал часу є вхідною інформацією безпосередньо для задачі програмного управління режимами функціонування ТС, вирішення якої визначається в результаті розв'язання послідовності задач. Спочатку для кожного дискретного моменту часу k=1,2,…,k вирішується задача оптимального розподілу навантаження між НС при їх спільній роботі на ТС [5]. Як результат її вирішення для всіх k = 1,2, ..., k визначаються значення витрат і тисків на виходах НС, що забезпечують тиск у вузлах не нижче заданих. Для забезпечення отриманих параметрів на виходах НС в результаті рішення для всіх k = 1,2,

..., k задачі оптимізації режиму роботи НС для кожної з них визначаються оптимальні структура і параметри її функціонування. Однак одержуване на етапі програмного управління рішення має бути інваріантним відносно прогнозованого рівня стохастичних обурень навколишнього середовища. Для дослідження його ефективності при відомому рівні стохастичних обурень вирішується задача аналізу потокорозподілу в ТС при реалізації на моделі управляючих впливів на НС. Ця задача ґрунтується на математичній моделі сталого потокорозподілу в ТС з активними елементами.

Описана послідовність розв'язання задачі програмного управління дозволяє отримати інваріантне відносно прогнозованого рівня стохастичних обурень рішення, яке гарантує необхідну якість функціонування ТС на всьому інтервалі управління при максимальній ефективності. Стабілізація тисків в диктуючих точках ТС частково компенсує обурення, що впливають на об'єкт, з метою попередження виходу режимних параметрів за межі допустимої області.

Висновки. Представлено структуру вирішення всього комплексу задач оперативного управління функціонуванням реальних ТС від постановок до їх практичної реалізації. Аналізується широкий спектр проблем, що виникають при дослідженні, розробці і впровадженні математичних моделей, методів, алгоритмів та комплексів програм вирішення як окремих задач, так і практичної реалізації систем оперативного управління функціонуванням ТС в цілому у складі підсистем АСУ ТП.

Використання та широке впровадження інформаційних технологій раціонального управління функціонуванням ТС дозволяє на практиці підвищити якість та ефективність їх роботи за рахунок зменшення надлишкових тисків у мережах (і як наслідок, зменшення непродуктивних витрат ЦП), скорочення витрат електроенергії на НС, зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Євдокимов, А.Г. (2004). *Системи трубопровідного транспорту. Теорія. Практичне застосування. Математичні принципи*. Харків: Точка.

[2] Євдокимов, А.Г., Тевяшев, А.Д. (1980). *Оперативне управління потокорозподілом в інженерних мережах.* Харків: Вища школа.

[3] Sergey Dyadun. (2020). Information Technologies to Estimation the Effectiveness of Water Supply Systems Control Depending on the Degree of Model Uncertainty. *ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer – ICTERI '2020'.* (pp.137-145). Kharkiv, V.N. Karazin National University.

[4] Дядюн, С.В. (2002). Моделювання та раціональне управління системами водопостачання при мінімальному обсязі оперативної інформації. *Радіоелектроніка та інформатика*, Харків, ХНУРЕ, (20), 111-115.

[5] Дядюн, С.В. (2024). Аналіз ефективності методів оптимізації потокорозподілу в системах водопостачання з великою кількістю насосних станцій. *Вісник Харківського національного університету серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»,* (61), 25-32.

Dyadun S.V.

Information Energy and Resource-Saving Technologies for the Control of Pipeline Systems of Energy

Abstract. *The report summarizes the experience and discusses the problems of developing and implementing information energy and resource-saving technologies for automatized control of the functioning of pipeline systems of energy (water, gas, heat supply, water drainage) in various large cities.*

Keywords: *mathematical model; pipeline systems; functioning; flow distribution; operational control; quality; efficiency.*