

схем з реактивним опором конденсаторної батареї меншим від одиниці мають місце інтенсивніші коливання напруги, чим у схемах з більшими значеннями x_{Σ}^* . В плані обмеження коливань напруги ефективними є схеми зі значеннями x_{Σ}^* , що не перевищує 2. Ефективніше гасять коливання напруги варіанти схем з меншими значеннями фазового зсуву θ . На ступінь зниження коливань впливає також індуктивність навантаження; схеми з меншою індуктивністю є ефективнішими. З даних таблиці видно, що однакові значення δU_{Σ}^* можуть бути отримані за різних сукупностей параметрів УСПР – кута зсуву фаз θ та ступеня розстроювання резонансу x_{Σ}^* .

Висновки. 1. Використання схем УСПР в схемах електропостачання різкозмінного навантаження зумовлює істотне зменшення коливань напруги в живильній мережі, що дозволяє приєднувати такі навантаження у порівняно малопотужних мережах.

2. Для заданих характеристик мережі й споживача може бути забезпечений допустимий (необхідний) рівень коливань напруги шляхом вибору схеми УСПР з відповідною сукупністю її параметрів.

1. Борисов Г.Я., Лоскутов А.Б., Головкин Н.Н. Концепция применения мощных дуговых сталеплавильных печей на мета.предпр // Пром. энергетика. – 1990. – № 11. – С. 19–24. 2. Милях А.Н., Волков И.В. Системы неизменного тока на основе индуктивно-емкостных преобразователей. – К.: Наук. думка, 1974. – 216 с. 3. Малиновський А.А. та ін. Результати промислових випробувань установки стабілізації режиму дугових сталеплавильних печей // Доп. 2-ї Міжнар. анук.-практ. конф. “Управління енерговикористанням”. – Львів, 1997. – С. 27–28. 4. А. с. 779993 ССРС. Источник стабилизированного тока / Г.А. Генрих, В.Г. Турковський. – Опубл. в Б.И., 1980. – № 42. 5. Малиновський А.А., Турковський В.Г. Основні вимоги до характеристик устави стабілізації режиму дугових електропечей // Вісн. Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. – 1994. – № 279. – С. 75–79. 6. Турковський В.Г., Турковський О.В. Визначення показників якості електроенергії в електропостачальних системах з нестационарним навантаженням // Вісн. Приазовського ДДТУ. – Маріуполь, 2005. – Вип. 15, ч. 2: Енергетика. – С. 118–122.

УДК 697.34

А.А. Малиновський, В.Г. Турковський, А.З. Музичак
Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

ПОШУК НУЛЬОВОГО НАБЛИЖЕННЯ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ТЕПЛОПОСТАЧАЛЬНИХ МЕРЕЖ

©Малиновський А.А., Турковський В.Г., Музичак А.З., 2007

Розглянуто визначення початкового наближення витрат теплоносія у вітках теплової мережі для подальшого розв’язання оптимізаційних задач. Ідея пошуку полягає у використанні допоміжної характеристики, що описує поведінку фізичного об’єкта за нарощування вимушувальних сил.

Definition of initial approximation of charges of the heat-carrier in branches of a thermal network for the further decision optimization problems is surveyed. The idea of search consists in use of the auxiliary characteristic which allows to describe behaviour of physical object at escalating compulsory forces.

Постановка проблеми. Сучасний стан систем теплопостачання в Україні характеризується практичною відсутністю спорудження нових мереж теплопостачання, у той же час структура та

характер споживання теплової енергії у чинних мережах зазнає значних змін. Звичною є ситуація хаотичних змін у мережах: до магістралей приєднуються дрібні відгалуження чи навіть окремі споживачі, зазвичай без аварійного резервування. Стан мереж погіршується масовим встановленням в абонентських вводах вимірювальної та регулювальної апаратури, що значно впливає насамперед на гідравлічні характеристики мережі загалом та призводить до її розбалансування.

З врахуванням того, що житлово-комунальне господарство займає в Україні третє місце після металургійної та хімічної промисловості за обсягами споживання енергоносіїв і перше – за споживанням тепла [1], а також постійне зростання вартості енергоносіїв, проблема оптимізації режимів роботи теплопостачальних мереж стає все актуальнішою.

Задача досліджень. Одними з найефективніших методів розрахунку поточкорозподілу в кільцевих трубопровідних мережах нині вважаються ітераційні, так звані “ув’язочні” методи [2–5]. Суть цих методів полягає у тому, що для заданих гідравлічних опорів та діючих напорів джерел знаходять такі значення витрат теплоносія на усіх ділянках та тисків у вузлах, які з наперед заданою точністю задовольняють закони Кірхгофа. Початкове наближення витрат теплоносія у ділянках мережі знаходять з системи рівнянь, складених за першим законом Кірхгофа [2]

$$\mathbf{A}\bar{x}^{(0)} = \bar{Q}$$

де \mathbf{A} – перша матриця інциденцій, $\bar{x}^{(0)}$ – нульове наближення витрат теплоносія у вітках мережі, \bar{Q} – витрати теплоносія в абонентів, які вважаються наперед відомими (наприклад заданими під час проектування).

Недоліком такого підходу є те, що дійсні значення витрат теплоносія в абонентів через згадані у постановці проблеми причини істотно відрізняються від проектних. Практика енергообстеження теплокомунальних підприємств показує, що зміна потреб в обсягах теплоносія лише житлових будівель сягає в середньому 25 %, а промислових підприємств – ще більше. Різниця між реальним витратами теплоносія та проектними є ще істотніша та непередбачувана. Отже, проектні значення витрат теплоносія у вітках мережі не можуть бути прийняті за нульове наближення: якщо у мережах з однією котельнею вони будуть значно відрізнятися від реальних значень, то в мережах з кількома котельними на межі розділення між котельнями можна, окрім того, отримати протилежний напрям потоку теплоносія.

Отже, проблема обчислення розподілу зводиться до пошуку такого нульового наближення витрат тепла, який забезпечував би гарантований вихід на усталений режим із прийнятною кількістю ітерацій.

Аналіз останніх досліджень. Описаний підхід до розрахунку реального поточкорозподілу в гідравлічних мережах було закладено засновниками теорії гідравлічних мереж [2], його ж застосовують й інші автори. Наприклад в [3] стверджується, що вихідні наближення або відомі апріорі, або їх можна знайти, якщо розв’язати вихідну систему рівнянь, вважаючи, що вони лінійні. В [4] також пропонується приймати довільні значення потоків у вітках. Не приділяється уваги цьому питанню й в [5], яка безпосередньо стосується оптимізації теплових мереж.

Виклад основного матеріалу. Для зменшення обсягу обчислень, а також для пошуку нульового наближення, яке буде наближене до реальної ситуації, пропонується підхід, описаний в [6]. Для цього використовується допоміжна характеристика, що описує поведінку фізичного об’єкта за нарощування усіх вимушувальних сил пропорційно допоміжній координаті h .

У результаті система рівнянь, що описує математичну модель теплової мережі [7],

$$\left\| \begin{matrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{BS}_1 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})|\bar{x}| + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_2 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})|\bar{x}|^2 + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_3 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})|\bar{x}|^3 = \left\| \begin{matrix} \bar{G} \\ \mathbf{B}\bar{H} \end{matrix} \right\| \quad (1)$$

набуде вигляду

$$\left\| \begin{matrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{BS}_1 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})|\bar{x}| + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_2 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})(|\bar{x}|)^2 + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_3 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})(|\bar{x}|)^3 = \left\| \begin{matrix} \bar{G} \\ \mathbf{B}\bar{H} \end{matrix} \right\| h \quad (2)$$

де h – допоміжна координата.

Для того, щоб знайти функцію витрат теплоносія від h у всіх вітках мережі, необхідно продиференціювати отриману систему рівнянь по h

$$\frac{d}{dh} \left(\left\| \begin{matrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{BS}_1 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})|\bar{x}| + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_2 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})(|\bar{x}|)^2 + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_3 \end{matrix} \right\| \operatorname{sgn}(\bar{x})(|\bar{x}|)^3 \right) = \left\| \begin{matrix} \bar{G} \\ \mathbf{B}\bar{H} \end{matrix} \right\| \quad (3)$$

внаслідок чого отримуємо систему диференціальних рівнянь першого порядку

$$\left(\left\| \begin{matrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{BS}_1 \end{matrix} \right\| \bar{1} + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_2 \end{matrix} \right\| |\bar{x}| + \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{BS}_3 \end{matrix} \right\| (|\bar{x}|)^2 \right) \frac{d\bar{x}}{dh} = \left\| \begin{matrix} \bar{G} \\ \mathbf{B}\bar{H} \end{matrix} \right\| \quad (4)$$

Цю систему рівнянь легко звести до нормальної форми Коші

$$\frac{d\bar{x}}{dh} = f(\bar{x}, h) \quad (5)$$

та розв'язати його одним із відомих чисельних методів в межах зміни h від 0 до 1.

У випадку, коли $h = 0$ отримуємо систему рівнянь, що описує мережу тепlopостачання, у якій відсутні усі вимушувальні сили. Це відповідає тривіальному розв'язку системи з нульовими координатами режиму. Таким чином початкові умови для розрахунку h -характеристики відомі.

У результаті інтегрування отримуємо витрати теплоносія для $h = 1$. За цих умов система рівнянь (2) відповідає вихідній системі рівнянь (1), тобто це будуть необхідні початкові умови для вихідної системи рівнянь.

Запропонований підхід логічно вписується в алгоритм розрахунку поточкорозподілу теплоносія в теплових мережах за гідравлічними характеристиками елементів мережі [7], який об'єднує такі етапи:

- апроксимація напірно-витратних характеристик віток теплової мережі в межах зміни швидкості теплоносія від 0 м/с до 3 м/с;
- пошук наближеного значення витрат теплоносія у вітках мережі за наведеним вище алгоритмом;
- уточнення апроксимації напірно-витратних характеристик віток теплової мережі в околі знайдених витрат теплоносія;
- визначення витрат теплоносія у вітках мережі за алгоритмом [7].

Запропонований підхід був верифікований під час енергетичного обстеження теплової мережі з понад 700 абонентами, частина з яких під'єднана до мережі через елеваторний вузол, а частина – через дросельні пристрої. Цій мережі властиві усі перелічені вище проблеми.

Висновки. 1. Запропонований формалізований підхід до визначення початкового наближення витрат теплоносія на абонентських вводах та у вітках теплової мережі.

2. Запропонований підхід є невід'ємною компонентою алгоритму розрахунку розподілу теплоносія в розгалужених теплових мережах з багатьма джерелами живлення під час оптимізації їх режимів.

1. *Енергетика світу та України. Цифри та факти.* – К.: Укр. енцикл. знання, 2005. – 404 с.
 2. *Меренков А.П., Хасильев В.Я. Теория гидравлических цепей.* – М.: Наука, 1985. – 278 с.
 3. *Евдокимов А.Г. Оптимальные задачи на инженерных сетях.* – Харьков: Вища шк., Изд-во при Харьк. ун-те, 1976. – 153 с.
 4. *Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях.* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990 – 363 с.
 5. *Сеннова Е.В., Сидлер В.Г. Математическое моделирование и*

оптимизация развивающихся теплоснабжающих систем. – Новосибирск: Наука, 1987 – 220 с.
*6. Математические основы теории электромеханических преобразователей / Р.В. Фильц. – К.:
Наук. думка, 1979. – 208 с.* 7. *Маліновський А.А., Турковський В.Г., Музичак А.З. Дослідження
гідравлічних режимів теплових мереж формалізованими методами // Зб. наук. пр. Міжнар. наук.-
техн. конф. “Енергоефективність ‘2004”. – Одеса, 2004. – С. 258–261.*

УДК 621.313.181

О.Ф. Кінчур, І.Р. Головач, М.В. Хай, А.О. Лозинський
Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ НЕЙРОПРЕДИКТОРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

© Кінчур О.Ф., Головач І.Р., Хай М.В., Лозинський А.О., 2007

Розглянуті питання синтезу нейропредиктора на основі різних типів нейронних мереж. Проаналізовано точність прогнозу споживання води під час застосування різних активаційних функцій нейронів та різної кількості прихованих шарів мережі прямого поширення сигналу. Наведено результати короткострокового прогнозу нейропредиктора на даних тестової множини.

The questions of neuropredictor synthesis by use of different type of neural networks structure have been considered. The precision of short term water demand forecasting in the case of the use of different neuron activation functions or different number of hidden layers of feed-forward neural networks have been analysed. The result of neuropredictor short term forecasting by use the data from test set have been shown.

Вступ. Сучасний стан розвитку систем керування технологічними процесами характеризується широким використанням інтелектуальних систем, побудованих на принципах теорії штучних нейронних мереж чи теорії нечіткого керування. Перевагами таких систем є здатність до навчання та “розуміння” по відношенню до керованого об’єкта та дії збурень, висока ефективність в умовах невизначеності чи неточності параметрів, зашумлення даних, значних нелінійностей. Поряд з цим необхідно зазначити, що впровадження інтелектуальних систем утруднюється необхідністю розв’язання задач, пов’язаних з відсутністю систематизованих методів їх проектування та аналізу [1]. Нині, в умовах зростання вартості енергоносіїв та ціни комунальних послуг, особливого значення набуває проблема зниження енергоспоживання та підвищення надійності експлуатації системи водопостачання. Одним із ефективних шляхів її вирішення є вдосконалення системи керування насосною станцією, зокрема шляхом використання у структурі пристроїв прогнозування. Як показано в [2, 3], застосування прогнозу поведінки системи дає змогу формувати оптимальні керуючі впливи і тим самим покращувати характеристики системи.

Постановка задачі дослідження. Під час розроблення прогностичної інтелектуальної системи керування приводом насосної станції, однією із ключових задач є синтез оптимального нейромережевого предиктора. Задача синтезу в цьому випадку вимагає розв’язання як задачі вибору структури та виду активаційних функцій нейронів, так і оптимального налаштування параметрів нейропредиктора, що своєю чергою передбачає формування вибірки даних, які достатньо повно описують роботу системи.

Виклад основного матеріалу та результати досліджень. Синтез нейронної мережі є ітераційним процесом, першим етапом якого є формування навчальної вибірки даних, вибір