

Розрахунок теплового пункту з підмішувальними помпами формалізованими методами

Андрій Музичак, Христина Павликівська

Кафедра електропостачання промислових підприємств, міст і сільського господарства, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, E-mail: mAndriy@polynet.lviv.ua

Abstract – Traditionally, the heat points are calculated from pressure at the input without influence of neighboring consumers. This cause errors in the analysis of modes of consumers and does not instrument for improvement modes of heating system as a whole. To eliminate these defects can use formalized methods for the analysis of the theory of hydraulic circuits.

The object of research was the development of mathematical model of heating points with mixing pumps and methods of setting up by formalized methods. In these heat points also install the heat flow regulator for automatic control mode. This regulator is an active element. Its hydraulic resistance varies depending on the heat take-off from the network.

Calculation of flux-distribution for these heating points must perform two nested iterative procedure. In the inner loop calculate flux-distribution with fixed hydraulic resistance branches. External process for the algorithm given in this paper corrects resistance regulators to minimize the difference between the current and desired heat-carrying agent.

Developed a mathematical model and algorithm are instruments for identifying and providing energy saving modes of heat points and heat supply system as whole.

Ключові слова – централізоване теплопостачання, гідравлічні режими, формалізовані методи, тепловий пункт, підмішувальна помпа.

I. Вступ

Більшість будівель на наших теренах приєднані до системи централізованого теплопостачання (СЦТП) за залежною схемою через елеваторний вузол.

Елеваторний вузол має ряд недоліків, тому сьогодні його витісняють схеми з підмішувальними помпами, що дозволяє застосовувати сучасні автоматизовані рішення регулювання систем абонента [1].

Традиційно розрахунок теплових пунктів ведуть за напором на вводі для кожного абонента зокрема без врахування впливу сусідніх абонентів. Це зумовлює помилки під час аналізу режимів теплових пунктів зокрема та унеможливує удосконалення гідравлічного режиму системи теплопостачання цілому.

Усунути ці недоліки можна застосуванням формалізованих методів аналізу теорії гідравлічних кіл [2]. Рівняння стану мережі в матрично-векторній формі

$$\begin{cases} \mathbf{A}\vec{x} = \vec{G}, \\ \mathbf{B}\vec{y} = 0, \\ \vec{y} = \rho\mathbf{g}\vec{H} - \Delta\vec{p}_m, \end{cases} \quad (1)$$

де \mathbf{A} , \mathbf{B} – перша та друга матриці інцидентів; \vec{x} , \vec{y} – вектори витрат теплоносія та перепадів тиску у вітках; \vec{G} – вектор витрат теплоносія у вузлах; \vec{H} ,

$\Delta\vec{p}_m$ – вектори діючих напорів та втрат тиску на тертя у вітках. Третє рівняння системи записано згідно з [3].

Необхідно розробити математичну модель теплових пунктів із підмішувальними помпами та методику їх налагодження формалізованими методами.

II. Виклад основного матеріалу

Розглянемо схему теплового пункту з підмішувальною помпою (рис. 1)

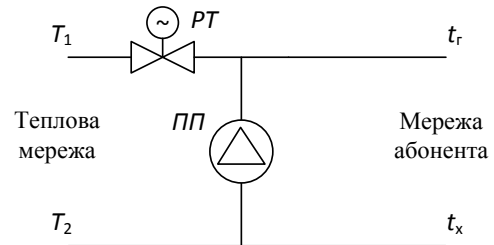


Рис. 1. Тепловий пункт з підмішувальною помпою

У такому тепловому пункті окрім підмішувальної помпи ПП для автоматичного регулювання режиму теплоспоживання встановлюють регулятор теплового потоку PT. Цей же регулятор гасить надлишок тиску на вході в будинок.

Розрахункова схема системи «джерело-тепловий вузол-абонент» з таким тепловим пунктом наведена на рис. 2.

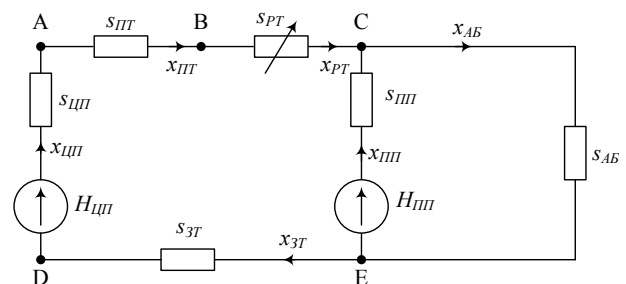


Рис. 2. Розрахункова схема системи «джерело-тепловий вузол-абонент»

На рис. 2 циркуляційна помпа джерела ЦП та підмішувальна помпа теплового пункту ПП представлені рушійними силами та гідравлічними опорами. Усі решта елементів (подавальний трубопровід ПТ, зворотний трубопровід ЗТ, абонент АБ та регулятор теплового потоку PT) – гідравлічними опорами.

Граф розрахункової схеми за рис. 2 наведено на рис. 3.

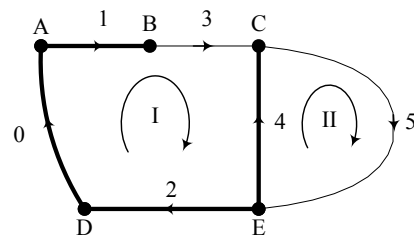


Рис. 3. Граф розрахункової схеми наведеної на рис. 2

Прийемо, що температурний графік у тепловій мережі становить $T_1/T_2=130/70^\circ\text{C}$, а у мережі абонента $t_2/t_x=95/70^\circ\text{C}$.

Теплове навантаження абонента $P_{AB}=0,324\text{Гкал/год}$. За розрахункових витрат теплоносія $x_{AB}=3,577\text{ кг/с}$ втрати тиску в мережі будівлі $\Delta p_{AB}=18,22\text{ кПа}$.

Згідно температурних графіків коефіцієнт підмішування теплоносія зі зворотного трубопроводу

$$u = \frac{T_1 - t_2}{t_2 - t_x} = \frac{130 - 95}{95 - 70} = 1,4.$$

Обсяги відбору теплоносія з подавального трубопроводу теплової мережі

$$x_{III} = \frac{x_{AB}}{1+u} = \frac{3,577}{1+1,4} = 1,49\text{ кг/с}.$$

Параметри подавального та зворотного трубопроводів такі: матеріал – сталь, умовний діаметр 90 мм, внутрішній діаметр 93,3 мм, довжина 35 м.

На джерелі встановлено циркуляційну помпу NM 40/10-B з незмінним діючим напором 316,4 кПа, а в тепловому пункті – підмішувальну помпу NC4 65-30/340 з незмінним діючим напором 25,99 кПа.

Гідрравлічний опір усіх елементів нелінійний і подається кубічною апроксимаційною функцією його напірно-витратної характеристики [3]

$$\Delta p_m(x) = (s_0|x| + s_1|x|^2 + s_2|x|^3) \text{sgn}(x) \quad (2)$$

де x – витрати теплоносія, кг/с; s_0, s_1, s_2 – коефіцієнти апроксимації напірно-витратної характеристики.

Результати розрахунку коефіцієнтів апроксимації наведено в Таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ 1

КОЕФІЦІЄНТИ АПРОКСИМАЦІЇ НАПІРНО-ВИТРАТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент мережі	s_0	s_1	s_2
АБ	-43,7	1448	-3,25
ЦП (NM 40/10-B)	-186	-9,38	117,2
ПП (NC4 65-30/340)	1379	241,3	-5,62
ПТ	-47,4	1072	-2,25
ЗТ	-505	1221	-20,3

На відміну від усіх елементів регулятор теплового потоку є активним елементом, його гідрравлічний опір змінюється залежно від обсягів відбору тепла від мережі.

Системи тепlopостачання з активними елементами розраховують на пропуск необхідної споживачам кількості теплоносія [4] за допомогою двох вкладених ітераційних процесів. Внутрішній процес визначає потокорозподіл в мережі за фіксованих гідрравлічних опорів ділянок, а зовнішній коректує опір регуляторів щоб мінімізувати різницю між поточними x і бажаними x^* витратами теплоносія у деякій вітці (між поточним і бажаним тиском у деякому вузлі) мережі.

Для розрахунку параметрів регулятора теплового потоку можна запропонувати такий алгоритм:

1. Визначити небаланс тиску

$$\Delta y = y - y^* = s_1 x^2 - s_1 x^{*2} \quad (3)$$

де x, x^* – поточні та бажані витрати теплоносія через регулятор витрат; y, y^* – поточні втрати тиску та

втрати тиску за бажаних витрат теплоносія через регулятор витрат; s_1 – складова функції (2), складові s_0 та s_2 рівні нулю оскільки опір регулятора визначається для конкретного значення витрат теплоносія.

2. Визначити значення Δs_1 , на яке необхідно відкоригувати значення коефіцієнту гідрравлічного опору регулятора витрат

$$\Delta s_1 = \frac{\Delta y}{x^{*2}}. \quad (4)$$

3. Скоригувати значення коефіцієнта гідрравлічного опору

$$s_1^* = s_1 + \Delta s. \quad (5)$$

де s_1^* – бажаний опір регулятора теплового потоку.

Розрахунок необхідно вести, поки різниця між розрахунковими та бажаними витратами теплоносія через регулятор не стане меншою від деякого наперед заданого значення ε (біля 0,1–0,5% бажаних витрат).

Результати розрахунку витрат теплоносія у вітках мережі наведена в Таблиці 2.

ТАБЛИЦЯ 2

РОЗРАХУНКОВІ ВИТРАТИ ТЕПЛОНОСІЯ В ЕЛЕМЕНТАХ СИСТЕМИ «ДЖЕРЕЛО-ТЕПЛОВИЙ ВУЗЛО-АБОНЕНТ»

Елемент мережі	x^* , кг/с	x , кг/с	$\delta x = (x - x^*)/x^*$, %
ПТ	1,49	1,49	$3,5 \cdot 10^{-6}$
АБ	3,577	3,577	$2,7 \cdot 10^{-7}$
ПП	2,087	2,087	$2,1 \cdot 10^{-6}$

Втрати тиску на регуляторі РТ – 293,9 кПа.

Відхилення розрахункових витрат теплоносія від бажаних незначне, отже розроблена методика придатна для налагодження теплових пунктів з підмішувальними помпами.

Висновок

У роботі обґрунтовано методику розрахунку теплових пунктів з підмішувальними помпами та з регуляторами теплового потоку засобами теорії гідрравлічних кіл. Одержані результати є базовими для удосконалення режимів систем централізованого тепlopостачання формалізованими методами.

References

- [1] V.V. Pyrkov *Sovremennye teplovye punkty. Avtomatika i regulirovanie* [Modern heating points. Automation and control]. Kyiv: Taki spravy Publ., 2007
- [2] A.P. Merenkov, V.Ja. Hasilev *Teoriya gidravliches-kih cepej* [The theory of hydraulic circuits]. Moscow: Nauka Publ., 1985
- [3] A.A. Malinovskyi, V.H. Turkovskyi, A.Z. Muzychak, "Study mode hydraulic heating systems formalized methods". in Proceedings of the 5th Int. Sci.-Tech. Conf. "Energy Efficiency", October 13-16, 2004, Odessa, Ukraine, 2004. pp. 258-261.
- [4] V.Ja. Hasilev, A.P. Merenkov, B.M. Kaganovich *Metody i algoritmy rascheta teplovyh setej* [The methods and algorithms for calculation of heat networks]. Moscow: Jenergiya Publ., 1978.