

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ВОДОНАГРІВУ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНОВАРТІСНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Кириллов А.І. студент гр. Ен 6/1 маг

Миколаївський національний аграрний університет  
Науковий керівник канд. техн. наук Хвощан О.В.

### *Анотація*

В статті описано алгоритм оптимізації розподілу часу нагріву між нагрівачами, що працюють на енергії різної вартості.

### *Annotation*

The article described algorithm optimization allocation of time between heating heaters that run on different energy value.

Однією з проблем сучасних мереж гарячого водопостачання є високі втрати при зберіганні та транспортуванні, а також нераціональне використання установок для нагріву. Саме тому виникає необхідність створення систем, здатних вдосконалити мережі в даному напрямі, що дозволить зберегти значну кількість ресурсів.

На основі дослідження властивостей елементів мереж та взаємозв'язків між ними, було складено алгоритм оптимізації режиму водонагріву. Пристрій, на якому реалізований вказаний алгоритм, є елементом схеми автоматизації, що включає датчики рівня, температури та електромагнітні клапани.

Робота алгоритму розділена на п'ять етапів, на кожному з яких виконуються операції, що є ключовими для досягнення кінцевого результату.

Першим етапом роботи алгоритму оптимізації є збір даних про поточний стан системи. Він являє собою прийом та перетворення сигналу з кожного датчика рівня та температури з подальшим присвоєнням його чисельної форми змінній, яка пояснює відповідний параметр. Так, сигнал з датчика рівня присвоюється проміжній змінній, на числове значення якої у м<sup>3</sup> посиляється параметр, відповідний заявний об'єм у відповідній ємності з водою, із масиву, який містить *id* цього датчика. Аналогічно присвоюються параметри, відповідні за температуру води та зовнішнього середовища. Рівень сигналу на вході електромагнітного клапана також зчитується та перетворюється на цифровий.

На другому етапі формуються залежності між параметрами згідно конструкторів залежностей, що являють собою опис їх загального вигляду.

На третьому проводиться коригування вихідних даних перед оптимізацією. Згідно залежностей, створених на попередньому етапі, визначаються величини умовних параметрів на момент початку переключення. Така необхідність обумовлена тим, що за час симуляції вода

встигне перетікти по шляхам з відкритими клапанами, тим самим змінивши об'єми та температури в джерелах нагріву. На четвертому етапі проводиться власне визначення оптимальних значень для дат переключення клапанів.

П'ятим, заключним етапом роботи, є активація режиму переключень, в якому пристрій подає сигнали на контрольовані клапани в послідовності, визначеній на четвертому етапі.

Розрахунок також включає декілька етапів.

Першим його етапом є визначення залежності температури в наступній ємності, від параметрів температури й об'єму в попередній, параметрів мережі труб, які з'єднують їх, об'єму перегонки та часу нагріву.

$$t'_{w.next} = \frac{(t_{w.next} + t_{strheat})V_{source.next} + \sum_{i=1}^n (t''_{w.prev.i} - t_{loss.i}) \cdot \Delta V_i}{V_{source.next} + \sum_{i=1}^n \Delta V_i}, \quad (1)$$

де:  $t_{w.next}$  – температура в наступній ємності згідно даних датчика температури;  $t_{strheat}$  – величина зростання температури від початкового нагріву;  $V_{source.next}$  – об'єм в наступній ємності згідно даних датчика рівня;  $t''_{w.prev.i}$  – температура в  $i$ -ій попередній ємності на момент переливання;  $t_{loss.i}$  – величина втрат температури при транспортуванні із  $i$ -ої попередньої ємності;  $\Delta V_i$  – об'єм, що доставлено із  $i$ -ої попередньої ємності.

На другому етапі розрахунку визначається залежність кількості енергії, необхідної для забезпечення режиму користування від решти параметрів мережі.

Режим користування описаний трьома параметрами для кожної ємності, яка є його учасником – встановлені об'єм, температура та дата користування. Вони формують три умови, відповідно по об'єму, температурі та своєчасності.

Умова по об'єму дозволяє визначити об'єм води, який необхідно перекачати з початкової ємності (водоймище або інша ємність великого об'єму), для забезпечення допустимого рівня води в проміжних ємностях, які приймають участь в транспортуванні води до точок користування.

Умова по своєчасності дозволяє визначити скільки можливо виділити часу на нагрів вибраним нагрівачем виходячи з даних по часу нагріву іншими нагрівачами та часу транспортування.

Умова по температурі дозволяє визначити, якої температури повинна бути вода у вибраній ємності, щоб після транспортування і подальшого підігріву, досягнути встановленої температури режиму користування.

На третьому етапі розрахунку починається формування необхідних для оптимізації залежностей, згідно відповідних їм конструкторів.

Четвертим етапом розрахунку є власне оптимізація параметрів. Вона являє собою ітераційний процес – при якому задаються початкові дані, знаходяться нові і повторюють розрахунок доти, доки різниця між наступними та попередніми даними не досягне заданого діапазону (точності).

Параметрами, які проходять оптимізацію, є всі тривалості нагріву та тривалості відкритого стану випускних клапанів. Рівняння, згідно якого проводять ітерацію – умова рівності енергії догрівання та доступної енергії:

$$W_{heat.i.mode} + W_{heat.same.i} - W_{heat.i} = 0, \quad (2)$$

де  $W_{heat.i.mode}$  – енергія, необхідна для догрівання води вибраним нагрівачем;  $W_{heat.same.i}$  – енергія, що поступає від нагрівачів з такою ж вартістю енергії, як і вибраний;  $W_{heat.i}$  – доступна енергія виходячи з умови своєчасності.

Воно сформоване таким чином, що мінімальна різниця між результатами двох послідовних ітерацій відповідає оптимальному значенню критерія оптимізації, а саме – максимуму функції вигоди від застосування комбінованого режиму, в якій враховано різниці між вартостями енергії від різних нагрівачів.

$$combProfit = \frac{CostComb - CostTEH}{CostTEH} \cdot 100 \% ; \quad (3)$$

$$CostComb = CostTEH + CostSolar ; \quad (4)$$

$$CostSolar = P_{heat.solar} (\tau_{set} - \tau_{heat.i}) \cdot solarcost ; \quad (5)$$

$$CostTEH = P_{heat.electro} \sum_{k=1}^3 \tau_{zone.k} \cdot electrocost_k ; \quad (6)$$

$$\tau_{zone1} = endzone1 - dtheaton_i ; \quad (7)$$

$$\tau_{zone2} = endzone2 - endzone1 ; \quad (8)$$

$$\tau_{zone3} = dtheatoff_i - endzone2 , \quad (9)$$

де:  $combProfit$  – функція вигоди відносно варіанту з установкою на дорожчій енергії (ТЕНом);  $CostComb$  - вартість комбінованого режиму (ТЕН+сонячний колектор);  $CostSolar$  – вартість нагріву дешевшою енергією (сонячним колектором);  $CostTEH$  – вартість нагріву дорожчою енергією;  $P_{heat.solar}$  – потужність установки на дешевшій енергії;  $P_{heat.electro}$  – потужність установки на дорожчій енергії;  $\tau_{zone.k}$  – тривалість нагріву в  $k$ -ій тарифній зоні;  $solarcost$  – тариф дешевшої енергії;  $electrocost_k$  – тариф дорожчої енергії в  $k$ -ій тарифній зоні;  $endzone$  - час від точки відліку до дати закінчення тарифної зони;  $dtheaton_i$  – дата початку нагріву дорожчою енергією;  $dtheatoff_i$  – дата закінчення нагріву дорожчою енергією;  $\tau_{set}$  – допустима тривалість досягнення режиму;  $\tau_{heat.i}$  – тривалість нагріву дорожчою енергією.

Математичну модель алгоритму оптимізації в середовищі MathCAD було протестовано на моделі простої мережі водопостачання. В результаті тестування було побудовано декілька графіків, що пояснюють залежність значення функції вигоди від зовнішніх та внутрішніх параметрів, які наведені на рис. 1 та 2.

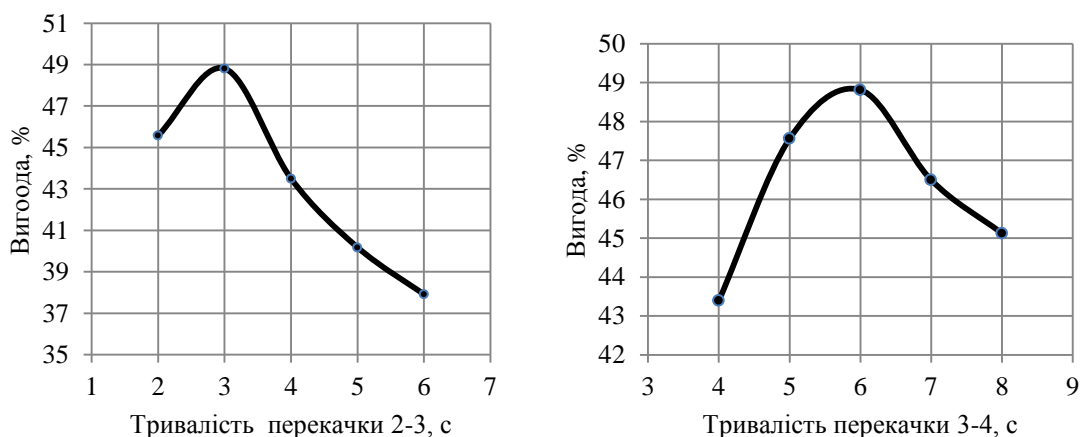


Рис. 1. Залежності вигідності використання сонячних колекторів від кількості перекачаної води з ємності 2 у 3 та з 3 у 4

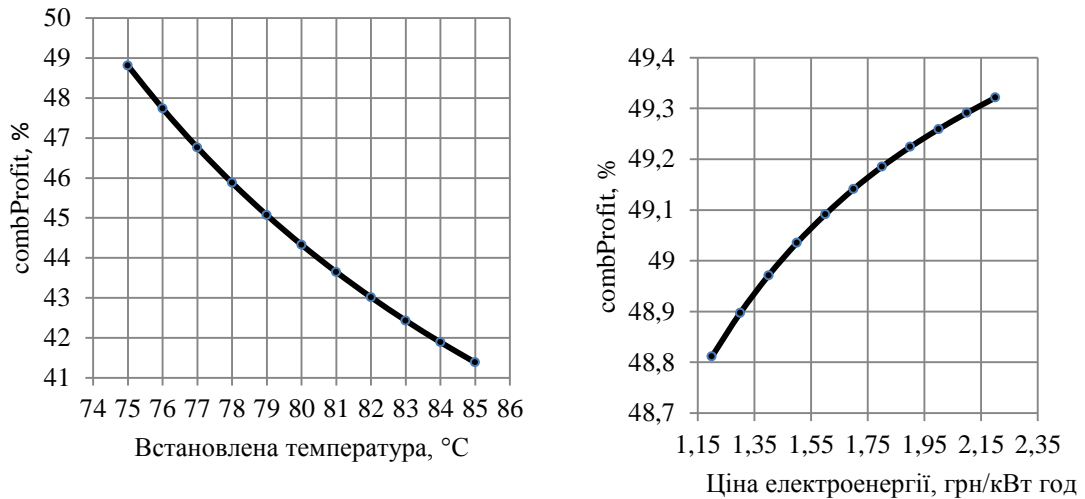


Рис. 2. Залежності вигідності використання алгоритму від зміни зовнішніх факторів

Проаналізувавши графіки на рис. 2, можна сказати, що алгоритм оптимізації приносить більший прибуток при зростанні вартості електроенергії і менший – при зростанні встановлених температур. Також, було з’ясовано, що зростання вартості сонячної енергії на кожні 5 коп., призводить до зниження ефективності для заданої мережі водопостачання на 1,12 %.

Такі результати можна пояснити тим, що на більш інтенсивний нагрів необхідно більше енергії, що, в свою чергу, збільшує частку дорожчої електричної енергії в структурі нагріву, а зростання її вартості при збереженні встановленої температури збільшує кількість коштів, що було збережено за рахунок нагріву більш дешевою тепловою (сонячною) енергією. В свою чергу подорожчання сонячної енергії веде до зменшення впливу різниці цін, завдяки якій власне, і формується економія.

#### Література:

1. Борисов М.А. Реабілітація ТЕС. Забезпечення сталої роботи об’єднаної енергосистеми України [Текст] / М.А. Борисов. – С.: Энергетика и электрификация, 2004. – № 3.
2. Драганов Б.Х. Теплотехніка [Текст] / Б.Х. Драганов, А.А. Долінський, А.В. Міщенко, Є.М. Письменний. – К.: ТОВ «Астра Пол», 2005. – 503 с.
3. Финнистон Монти. Оксфордская иллюстрированная энциклопедия. – Т. 6. [Текст] / Монти Финнистон. – М.: Весь Мир, 2002. – 406 с.
4. Байерс Т. 20 конструкций с солнечными элементами [Текст] / Т. Байерс / Пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна. – М.: Мир, 1988. – 197 с.