

**ДОПОВНЕННЯ
APPLICATION****Висновки та перспектива подальших досліджень.**

Модифікований методу пінч-аналізу, відрізняється від класичного тим, що потокова теплоємність додається до приведених витрат енергії на спорудження і експлуатацію установки первинної переробки нафти методом енергії-нетто. Це дало можливість порівнювати між собою техніко-економічні та енергетичні результати, які отримуються під час аналізу структури установки первинної переробки нафти.

Аналіз параметричної чутливості функції приведених витрат виявив, що при зміні температурного напору як аргумента функції на 20 %, відбувається її зміна на 3,1 %, при аналогічній зміні вхідної температури первинної сировини – на 2,5 %, а при зміні кількості теплообмінних апаратів – на 1,7 %.

В подальшому передбачається знаходження рішення оптимізаційної задачі пошуку оптимальної структури установки первинної переробки нафти різними методами оптимізації з порівнянням отриманих результатів.

Література

1. Пат. 107027 Україна, МПК C10 G7/00. Установка атмосферної вакуумної трубчатки для підготовки та первинної переробки нафти / Максимов М.В., Кривда В.І.; заявник та патентовласник Максимов М.В., Кривда В.І. – № а201303011; заяв. 11.03.2013; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21/2014. – 5 с.;
2. Ульєв Л.М. Пінч-реконструкція секцій гідроочистки і каталитического риформинга на установке Л-35-11/600 / Л.М. Ульєв, Д.Д. Нечипоренко // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – № 2. – С. 95–101.;
3. Foo, D. Minimum Units Targeting and Network Evolution for Batch Heat Exchanger Network / D. Foo, Y. Chew, C. Lee // Applied Thermal Engineering. – 2008. – vol. 28. – №. 16. – P. 2089–2099.;
4. Загорулько Н.Е. Экстракция данных для теплоэнергетической интеграции процесса концентрации гидролизной серчаной кислоты / Н.Е. Загорулько, Л.М. Ульєв, А.О. Гарев, Н.В. Нехаенко // ВІСНИК Національного технічного університету «ХПІ». – 2011. – № 21. – С. 90–97.

References

1. Pat. 107027 Ukraine, MPK C10 G7/00. Ustanovka atmosfernoi vakuumnoi trubchatki dlya pidgotovky ta pervynnoi pererobky nafty [Installation of atmospheric vacuum trubchatka for preparation and primary oil refining] / Maksimov M.V., Kryvda V.I.; zayavnyk ta patentovlasnyk Maksimov M.V., Kryvda V.I. – № а201303011; zayav. 11.03.2013; opubl. 10.11.2014, Byul. № 21/2014. – PP. 5;
2. Ulev L.M. Pinch-rekonstruktsiya sektsiy gidroochistki i kataliticheskogo riforminga na ustanovke L-35- 11/600. L.M. Ulev, D.D. Nechiporenko. Integrirovannyye tehnologii i energosberezhenie. – Harkov: NTU «HPI», 2013. – № 2. – P. 95–101.;
3. Foo, D. Minimum Units Targeting and Network Evolution for Batch Heat Exchanger Network / D. Foo, Y. Chew, C. Lee // Applied Thermal Engineering. – 2008. – vol. 28. – №. 16. – P. 2089–2099.;
4. Zagorul'ko N.E. Ekstrakcija Danych Dlja Teploenergetichnoi Integracii Procesu Koncentracii Hidroliznoi Sirchanoi Kisloti N.E. Zagorul'ko, L.M. Ul'ev, A.O. Garev, N.V. Nehaenko Visnik Nacional'nogo Tehnichnogo Universitetu «Hpi». – 2011. – № 21. – p. 90–97.

Отримано в редакцію: 27.05.2015 р./ Прийнято до друку: 01.09.2015 р./ Received by edition: 27.05.2015. Approved for the press: 01.09.2015

УДК 681.5:004.94

СИНТЕЗ ГІБРИДНОЇ МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ УЗАГАЛЬНЕНИМ ХОЛОДИЛЬНИМ УСТАТКУВАННЯМ

Synthesis of hybrid model of automated management of the generalized refrigeration equipment

Селіванова А. В.¹ (Selivanova A.)

¹Одеська національна академія харчових технологій, Одеса

E-mail: av_selivanova@mal.ru ORCID: [0000-0002-3395-1422](https://orcid.org/0000-0002-3395-1422)



DOI: 10.15673/

**ДОПОВНЕННЯ
APPLICATION****Анотація**

У статті розглядається проблема створення загальної автоматизованої системи керування холодильним устаткуванням різної комплектації для застосування у програмних засобах промислового використання та в тренажерах для підготовки експлуатуючого персоналу (операторів). Пропонується гібридна нейро-нечітка модель управління узагальненою холодильною установкою.

Abstract

In article the problem of creation of an automated control system for refrigerating appliances of a different complete set for application in software of industrial use and in exercise machines for preparation of the operating personnel (operators) is considered. The hybrid neuro-fuzzy model of control of the generalized refrigeration unit is offered.

Ключові слова

Інтелектуальне управління, холодильна установка, нейро-нечітке моделювання

Key words

Intellectual management, refrigeration unit, neuro-fuzzy modeling

Вступ. У технологічному оснащенні сучасного виробництва автоматизовані системи управління і регулювання відіграють важливу роль. Холодильні установки - це складні об'єкти, що мають різноманітну структуру і призначення від побутових домашніх холодильників і торгових вітрин до великих багатокамерних промислових холодильників, що використовуються промисловими підприємствами. Рівень автоматизації холодильних установок що використовуються в Україні коливається від повністю автоматизованих до установок з ручним управлінням. Промислові установки з ручним управлінням і частково автоматизовані холодильні установки вимагають постійної присутності персоналу (операторів), що здійснюють управління. Повністю автоматизовані установки, як правило, також вимагають присутності оператора на випадок відмови системи автоматизації. Рівень підготовки експлуатуючого персоналу має великий вплив на якість управління та на кількість відмов обладнання. Покращити показники якості управління холодильним устаткуванням можна за допомогою використання програмних засобів із підсистемою підказок та підвищивши кваліфікацію персоналу шляхом використання тренажерів для підготовки операторів холодильних установок.

Постановка задачі. З метою забезпечення структурно-параметричної адаптації часткових випадків можливих варіантів конфігурацій холодильної установки пропонується створення моделі управління узагальненою холодильною установкою. При розробці загальної схеми управління узагальненою холодильною установкою необхідно врахувати різноманітність схемно-циклових рішень різних установок. В умовах невизначеності найкращі показники мають методи інтелектуального управління. Проблеми автоматизації і моделювання управління холодильними установками присвячені роботи Онищенко О. А., Живиця Ю. В., Севергіна М. В., Альохіна Н. Б., Куценко О. С., Гурского А. А. та ін. Застосування інтелектуальних компонентів в системах автоматизованого управління різного напрямку розглянуте в роботах Глухової Н. В., Плешкова С. П., Секирина О. І. та ін. Використання інтелектуальних компонентів в системах управління холодильними установками розглянуте в роботах Онищенко О. А., Живиця Ю. В., Абзалова А. В. та ін[1]. У рамках загальної проблеми розробки автоматизованих систем управління холодильними установками **актуальною і невирішеною** є проблема створення загальної автоматизованої системи керування холодильним устаткуванням різної комплектації для застосування у програмних засобах промислового використання та в тренажерах для підготовки експлуатуючого персоналу (операторів)

Матеріал дослідження. При управлінні холодильними установками використовують плавне, багатопозиційне або двопозиційне регулювання [2]. Комбінація плавного регулювання (регулювання подачі холодильного агента в систему) і двопозиційного регулювання (включення/виключення компресорів) забезпечує найбільш високу якість регулювання, тому є найбільш прийнятним. Проте, його застосування вимагає від системи автоматизації і від оператора обліку таких погано формалізованих чинників як вибір способу регулювання (шляхом включення виключення устаткування або шляхом регулювання подання агента в систему), вибір найкращого кута повороту вентиля, вибір комбінації позицій різних механізмів, що управляють, і т. д. Тому для реалізації моделей пропонується застосування апарату нейронних мереж та нечіткої логіки.

Холодильна установка може мати довільне число камер, що відрізняються за температурними режимами, які в свою чергу залежать від типу продукту, який там зберігається. Камери зазвичай поєднуються у групи за схожими температурними режимами. Кожна з груп зазвичай обслуговується групою компресорів. У системі може використовуватись один чи декілька конденсаторів та зазвичай така ж кількість лінійних ресиверів. Структурно-параметрична схема УХМ довільної конфігурації.



**ДОПОВНЕННЯ
APPLICATION**

Враховуючи складність експериментального дослідження із встановленням експериментів холодильних установок всіх типів та спираючись на принцип подібності [3] у основу моделі узагальненої холодильної установки будуть закладені дані експериментів над парокompресійною (аміачною) холодильною установкою.

Структурно-параметрична схема парокompресійної холодильної установки довільної конфігурації може виглядати наступним чином (рис 1). На рис. 1 КМ – компресор - елемент, що створює різницю тисків холодильного агенту, до якого підводиться зовнішній компенсуючий процес – робота електродвигуна. КД – конденсатор – елемент, що призначений для скидання теплоти у навколишнє середовище у процесі фазового переходу. ЛР – лінійний ресивер - додатковий елемент (накопичувач), що забезпечує надійність подачі робочої речовини. РВ – регулюючий вентиль – елемент, що перетворює у процесі дроселювання високу потенційну енергію (тиск) у низьку температуру. КАМ – камера, або випарювач, елемент, що сприймає теплоту від об'єкта охолодження у процесі фазового переходу. ВР – віддільник рідини – додатковий елемент (осушувач), призначений для забезпечення безпечної роботи компресора.

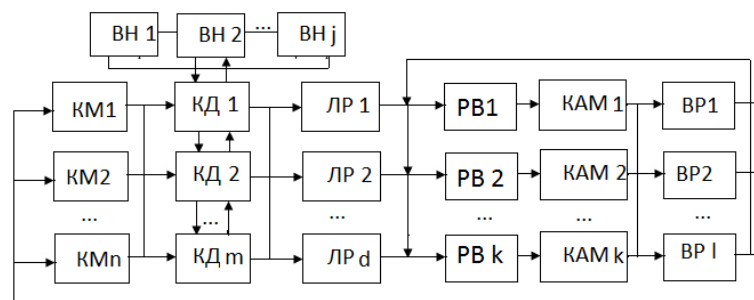


Рис. 1 – Структурно-параметрична схема парокompресійної холодильної установки довільної конфігурації

Процес управління узагальненою холодильною установкою можна умовно поділити на такі складові: У1: Регулювання подачі холодильного агенту в систему за допомогою вентилів РВ1-РВ1 (плавне регулювання); У2: Регулювання подачі холодильного агенту на камери (двопозиційне регулювання, ввімкнення/вимкнення камер); У3: Включення, або виключення компресорів/груп компресорів (двопозиційне регулювання); У4: Регулювання подачі води на конденсатор (двопозиційне регулювання, ввімкнення/вимкнення водяних насосів, визначення кількості водяних насосів, необхідних системі); У5: Регулювання кількості необхідних в системі конденсаторів (двопозиційне регулювання, ввімкнення/вимкнення конденсаторів) У6: Виконання додаткових дій, необхідних для нормального функціонування холодильної установки; У7: Дії в умовах аварійної ситуації, або з метою їх запобігання.

Спираючись на класичну модель управління [4], пропонується удосконалена схема управління узагальненою холодильною установкою (рис 2)

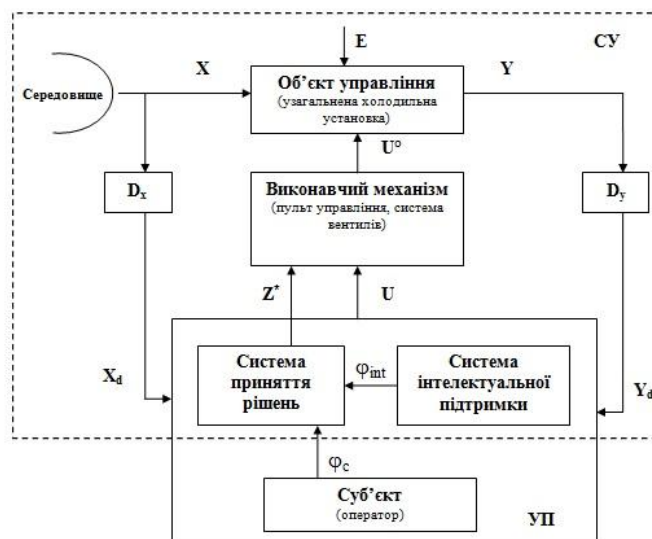


Рис. 2. Схема управління узагальненою холодильною установкою.

Особливістю цієї схеми є те, що вона містить систему інтелектуальної підтримки (СІП). СІП, за допомогою сучасних методів штучного інтелекту виробляє і надає системі ухвалення рішення та алгоритм оптимального



**ДОПОВНЕННЯ
APPLICATION**

управління φ_{int} , який порівнюється з алгоритмом управління сформованим оператором φ_c . Таке порівняння дозволяє дати операторові підказку або оцінити його дії і не допустити формування неправильної керуючої дії.

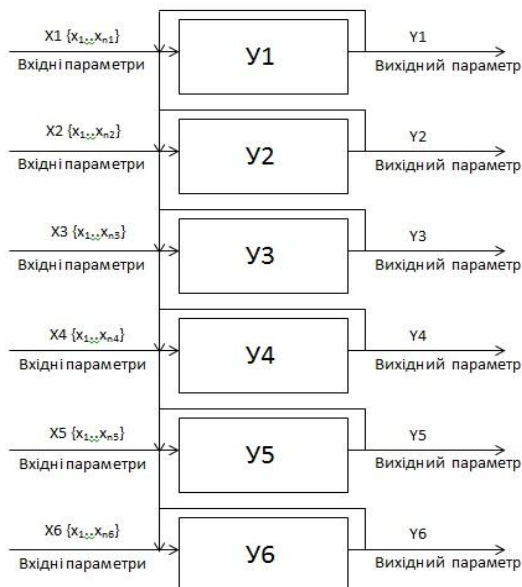


Рис. 3 – Структура моделі інтелектуальної підтримки формування управляючих впливів

Блок інтелектуальної підтримки має сформувати еталонний управляючий вплив для кожної зі складових, описаних вище. Таким чином, модель інтелектуальної підтримки формування управляючих впливів матиме наступну структуру (рис 3). Модель управління подачею холодильного агенту в систему можна описати наступним чином:

$$S_{rv_j} = f(t_{kam_j}, t_{vs}, H_{lr}, H_{og}, T_{vim}),$$

Де S_{rv_i} – ступінь відкриття i -го регулюючого вентиля, $t_{kam_{ij}}$ - температура i –ї камери j -ї групи, t_{vs} - температура всмоктування, H_{lr} - рівень холодильного агенту у лінійному ресивері, H_{og} - рівень холодильного агенту у відділювачі рідини, T_{vim} - час вимірювання

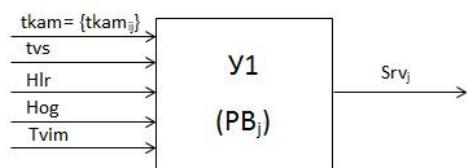


Рис. 4 – Модель управління подачею холодильного агенту в систему

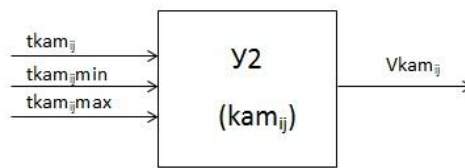


Рис. 5 – Модель управління подачею холодильного агенту на камери

Модель регулювання подачі холодильного агенту на камери можна описати наступним чином:

$$V_{kam_{ij}} = f(t_{kam_j}, t_{kam_j \min}, t_{kam_j \max}), \text{ де}$$

$V_{kam_{ij}}$ - підключення чи відключення i -ї камери j -ї групи, t_{kam_j} - температура в камері, $t_{kam_j \min}$, $t_{kam_j \max}$ - мінімально та максимально припустимі значення температури у камері. Модель управління кількістю працюючих компресорів можна описати наступним чином:

$$V_{kompr_{ij}} = f(t_{kam_j}, t_k, t_n, \Delta p_{mp_i}, p_{ps_i}, H_M, H_{lr}, H_{og}), \text{ де}$$

$V_{kompr_{ij}}$ - підключення чи відключення i -го компресора j -ї групи,

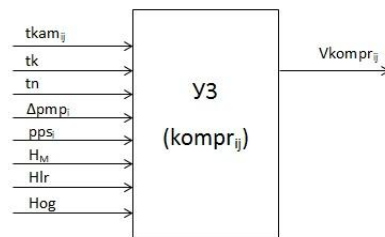
ДОПОВНЕННЯ
APPLICATION

Рис. 6 – Модель управління кількістю працюючих компресорів

Модель управління кількістю працюючих водяних насосів можна описати наступним чином:

$$N_{VN} = f(t_k, t_{w1}, t_{w2}), \text{ де}$$

V_{VN} - кількість необхідних насосів

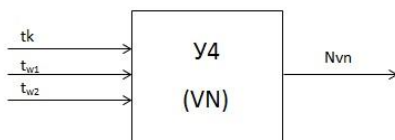


Рис. 7 – Модель управління кількістю працюючих насосів

Модель управління кількістю працюючих конденсаторів можна описати наступним чином:

$$N_{KD} = f(t_{os}, t_k), \text{ де}$$

V_{KD} - кількість конденсаторів

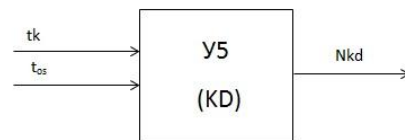


Рис. 8 – Модель управління кількістю працюючих конденсаторів

Модель управління виконанням додаткових дій можна описати наступним чином:

$$Y6 = \{y1_i, y2, y3_i, y4\} = f(W_{\max}, t_{kam_i}, H_{og}, H_{og\max}, H_{M_i}, H_{M_i\min}),$$

де $y1_i$ - відтаювання i -ї камери, $y2$ - звільнення відділювача рідини, $y3_i$ - дозаправка i -го компресора мастилом, $y4$ - дозаправка холодильним агентом, W_{\max} - повна потужність холодильної машини, t_{kam_i} - температура в камері, H_{og} - рівень рідини у відділювачі рідини, $H_{og\max}$ - максимально припустимий рівень, H_{M_i} - рівень мастила у i -му компресорі, $H_{M_i\min}$ - мінімально припустимий рівень мастила у i -му компресорі.

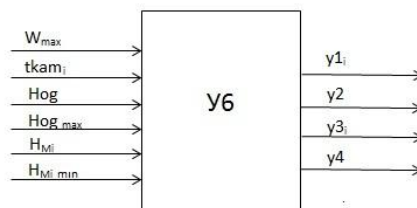


Рис. 9 – Модель управління виконанням додаткових дій

Враховуючи нечіткий характер багатьох параметрів та високу ступінь невизначеності кількості елементів системи та її складність а також прогнозовану зростаючу складність математичних залежностей доцільним є реалізація гібридної моделі управління узагальненим холодильним устаткуванням за допомогою нейро-нечіткого моделювання. Для процесу навчання нейронної мережі необхідно мати навчальну та тестуючі вибірки, отримані експериментальним шляхом. В процесі функціонування нейронна мережа формує вихідний сигнал Y відповідно до вхідного сигналу X , реалізуючи деяку функцію $Y = g(X)$. Якщо архітектура мережі задана, то вигляд функції g визначається значеннями синаптичних вагів і зміщень мережі. Вирішити поставлене завдання за допомогою нейронної мережі заданої архітектури - це означає синтезувати функцію g , підібравши параметри нейронів так, щоб функціонал якості перетворювався в оптимум для усіх пар (X^*, Y^*) . Навчання полягає в синтезі функції g , що вимагає тривалих обчислень і є ітераційною процедурою. На кожній ітерації відбувається зменшення функції помилки[5]. Для отримання навчальної та тестуючої вибірок був зроблений аналіз журналів добової роботи компресорного цеху Одеського м'ясопереробного заводу, узятих за річний період. Ці журнали містять дані, зняті з показників датчиків через малі проміжки часу. Також були отримані дані від експертів, що було перетворено у правила та закладено у нейро-нечітку модель, яка була реалізована в системі Matlab у вигляді гібридної мережі у формі адаптивної системи нейро-нечіткого виведення ANFIS.

**ДОПОВНЕННЯ
APPLICATION**

Аналіз результатів моделювання показав, що нейромережа дає непоганий результат при рішенні поставленої задачі, а саме за 117 циклів навчання з нульовим кроком отримане 68 з 72 правильно вирішених прикладів. Середня оцінка 0,0001388889.

Висновки. В результаті проведених досліджень і комп'ютерних експериментів можна зробити висновок, що узагальнення холодильної установки дозволяє гнучко настроювати параметри управління під будь-які окремі випадки її конфігурації, процес ухвалення рішення про дію, що управляє, з боку оператора представляється слабо формалізованим з високою мірою невизначеності, а найбільш перспективним при реалізації моделі управління узагальненою холодильною установкою є гібридне нейро-нечітке моделювання.

Надалі, передбачається реалізація удосконаленої гібридної моделі управління холодильним устаткуванням в комп'ютерному тренажері для підготовки обслуговуючого персоналу (операторів).

Література

1. Селиванова А. В. Интеллектуальные средства управления обобщенной холодильной установкой / А. В. Селиванова, Т. Л. Мазурок // Научно-технический журнал «Искусственный интеллект» Вип. 2013'3(61) - С.390-398;
2. Полевой А. А. Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха./ А. А. Полевой. – СПб: «Профессия», 2010 – 244 с.: рис., табл.;
3. Гордон Е. И., Кусраев А. Г., Кутателадзе С. С. Инфинитезимальный анализ. — Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 2001. — xii+526 с. — (Нестандартные методы анализа).;
4. Растрингин Л. А. Современные принципы управления сложными объектами./ Л. А. Растрингин. – М.: Сов. Радио, 1980 – 232 с.: ил.;
5. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети теория и практика. – 2 изд., стереотип. / Круглов В. В., Борисов В. В. – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 382 с.: ил.

References

1. Selivanova A. V. Intellektualnie sredstva upravleniya obobshhennoy holodilnoy ustanovkoy/ A. V. Selivanova, T. L. Mazurok // Nauchno-tehnicheskiy gurnal «Iskusstvenniy intellekt» Vip. 2013'3(61) - S.390-398;
2. Polevoj A. A. Avtomatizatsiya holodilnih ustanovok i system konditsionirovanija vozdukha. – Spb.: «Professija», 2010. – 244 s., ris., tabl.;
3. Gordon E. I., Kusarev A. G., Kytateladze S. S. Infinitesimalniy analiz. — Novosibirsk: Izd. Instituta matematiki, 2001. — 526 s. — (Nestandardnie metodi analiza).;
4. Rastrigin L. A. Sovremennie principy upravlenija slozhnimi objektami./ L. A. Rastrigin - M.: Sov Radio, 1980 – 322 s.:il;
5. Kruglov V. V. Iskusstvennie neironnie seti teoriya I praktika. / Kruglov V. V., Borisov V.V. – 2 izd., stereotip. – M: Goryachaya liniya-Telecom, 2002. – 382 s.:il.

Отримано в редакцію: 27.05.2015 р./ Прийнято до друку: 01.09.2015 р./ Received by edition: 27.05.2015. Approved for the press: 01.09.2015

**ЦИТАТА НОМЕРА**

„Компьютерный интеллект превзойдет людей в течение ближайших 100 лет. Когда это произойдет, нам нужно убедиться, что их цели совпадают с нашими.“

(Стивен Хокинг, конференция Zeitgeist в Лондоне (2015))